



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Toivo Viidalepp

ELEKTROMOBILSUSE ARENG EESTIS

DEVELOPMENT OF ELECTROMOBILITY IN ESTONIA

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: prof. Andres Annuk, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Toivo Viidalepp		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Elektromobiilsuse areng Eestis			
Lehekülgi: 64	Jooniseid: 15	Tabeleid: 3	Lisasid: 3
Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika,			
4.17. Energeetikaalased uuringud; T140 Energeetika			
Juhendaja(d): prof. Andres Annuk, PhD			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Eestis loodi 2012. aastal tollal maailmas esimene kogu riiki kattev elektriautode laadimisvõrgustik ja tutvustus- ning toetusskeem. See projekt aga lõppes ja praeguseks on Eesti hakanud sellel alal maha jääma. Käesoleva töö eesmärk on identifitseerida takistused edasisel arengul ja vaadata kuidas neist üle saada. Töö on kaudselt mõeldud jätkuks 2012. aastal Maaülikoolis tehtud elektriautode teemalistele töödele, mis vaatlesid tol ajal uut nähtust veidi täpsemalt. Kokkuvõtteks on suurim takistus elektriautode levikul endiselt nende ostuhind, kuid 6 aastat hiljem hakkavad välja kujunema mõned muud faktorid, mis vajavad tegelemist. Meie laadimisvõrku on vaja uuendada ja linnades ka laiendada. Tuleb tegeleda uue ohuga, milleks on elektriõht ja inimkonda tuleb koolitada sellega toime tulema samamoodi nagu me põlevkütustega toime tuleme. Arvutuslikus osas vaadeldakse elektriautode laadimisvõimalust päikeseenergiaga ja selle tasuvust ning leitakse, et lühemas perspektiivis on siiski odavam suurelt elektritootjalt osta. Tööd saaks jätkata uurides sügavamalt kas alternatiivse elektritootmise võimalusi elektriautode laadimiseks või elektriautode iselaadimiseks, leidmaks punkti, kust alates see tasuvaks muutub.</p>			
Märksõnad: elektriautod, elektromobiilsus, autod, päikeseelekter			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Toivo Viidalepp		Curriculum: Engineering	
Title: Development of Electromobility in Estonia			
Pages: 64	Figures: 15	Tables: 3	Appendixes: 3
Chair: Chair of Energy Application Engineering			
Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering			
4.17. Energetic Research; T140 Energy research			
Supervisors: prof. Andres Annuk, PhD			
Place and date: Tartu, 2018			
<p>In 2012, a first in the world country-wide charging network for electric cars was built in Estonia together with introduction and subsidation measures for electric cars. After the project finished, the development stopped and by now, Estonia is not keeping up with the rest of the world anymore. The purpose of the current work is to identify the roadblocks on the way of development and see how to overcome them. The paper is a follow-up to former works made in 2012 introducing electric cars, which introduced different aspects of electric cars more deeply. It comes out, that the price of the cars is still the biggest factor that keeps purchasers away, but 6 years later there are other factors arising we need to take care of. For example we already have to start refreshing our charging network and we need to educate people on the new electric and fire hazards related to electric cars, like we were familiarised 100 years ago with fire hazards related to liquid fuels. The bigger settlements also need more charging stations. It is also calculated whether it pays off to buy a solar charging station to supply an electric car, but it comes out, that for short term purposes it is still cheaper to buy electricity from a big provider, or a big solar array is needed. The work could be expanded by researching for the point of payoff to supply ones own electric car with renewable energy or for the point where the car can charge itself.</p>			
Keywords: electric cars, electromobility, cars, PV charging			

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
1. 2012. AASTA SEIS ELEKTROMOBIILSUSES.....	7
1.1. Lähisajalugu.....	7
1.2. ELMO programm.....	12
1.3. Mitsubishi i-MiEV.....	12
1.4. Valitsusepoolne otsetoetus.....	13
1.4.1. Muud riigi või omavalitsuste toetused.....	13
1.5. Laadimisvõrk.....	14
1.6. Müügil olevad sõidukid 2012. aasta lõpu seisuga.....	14
1.6.1. Eestis müüdavad elektriautod.....	14
1.6.2. Mujal maailmas müüdavad elektriautod.....	15
1.6.3. Laadimisvõrk väljaspool Eestit.....	16
1.6.4. Elektriautode olukord Euroopas.....	18
1.7. Elektritakso aastal 2012.....	19
1.8. Tulevikunägemus aastal 2012.....	19
1.9. 2012. aasta kokkuvõte.....	20
2. Areng 2012-2018.....	21
2.1. Eesti elektromobiilsuse areng 2012-2018 – Sissejuhatus.....	21
2.2. ELMO programm.....	21
2.2.1. Laadimisvõrk.....	21
2.2.2. ELMO rent ja teised renditeenused.....	22
2.2.3. Toetused.....	23
2.3. Taksod ehk sõidujagamine.....	24
2.4. Müüginumbrid ja müügis olevad autod Eestis.....	26
2.5. Elektriautode levikut takistavad tegurid.....	30
2.6. Elektriautode müüginumbrid ja ostutoetused mujal maailmas.....	33
2.6.1. Olukord naaberriikides.....	34
2.6.2. Laadimisinfrastruktuur Euroopas ja maailmas.....	35
2.7. 2015 - Enamik tootjaid mõtleavad elektriautodele.....	35
2.7.1. Saksamaal toodetud elektriautode algus.....	36
2.7.2. Uued tootjad.....	37
2.8. Masstootmises olevad autod.....	37
2.9. Akutehnoloogiate areng 2012-2018.....	38
2.10. Ajamitehnoloogiate areng 2012-2018.....	39
2.11. Hübriidajamiga sõidukid 2012-2018.....	39
2.12. Muud äramärkimist vääriavad arengud antud teemal 2012-2018.....	40
3. Kokkuhoiuvõimalus laadimiselt.....	41
3.1. Laadimine päikeselt.....	41
3.2. Päikeseenergia-laadimisjaama arvutus.....	41
3.3. Hindade muutus 2012-2018.....	45
3.4. Tasuvus.....	46

4. Kasutajate kogemused.....	47
4.1. Tuttavate tuttavad, kes elektriautot omavad.....	47
5. Tänapäevased ennustused tulevikuks.....	49
5.1. Euroopa energeetika arengukava.....	49
5.2. Lähituleviku arengusuunad.....	49
5.2.1. Kütuseelemendid.....	50
5.2.2. Range Extender.....	50
5.2.3. Hübriidajam.....	51
5.3. Kaugem tulevik vaadatuna aastast 2018.....	51
KOKKUVÕTE.....	52
KASUTATUD KIRJANDUS.....	54
LISA 1. 2018. aasta I kvartaliKS registreeritud elektriautode jaotus.....	60
LISA 2. Eestis registreeritud elektriautod ja nende olulisemad andmed.....	61
LISA 3. Akuelemendid erinevates elektriautodes.....	63

SISSEJUHATUS

Elektriautode uuema aja lugu Eestis algas 2011. aasta lõpus, kui Eesti riik vahetas üleliigsed kasvuhoonegaaside heitmenormid 500 pisikese elektriauto, maailma esimese üleriigilise laadimisvõrgu ja kokkuvõtteks üle 600 elektriauto ostutoetuse vastu.

2012. aastal tehti Eesti Maaülikoolis kaks bakalaureusetööd elektriautode teemal. Üks üldisemate omaduste ja teine akude kohta [1], [2]. Käesolev töö on mõeldud nende tööde jätkuks. Antud töös vaatlen elektromobiilsuse arengut alates eelmainitud ajast kuni tänapäevani ja katsun natuke ka tulevikku ennustada. Elektromobiilsuse all pean antud töö kontekstis peamiselt silmas autot, mis on akudega, pistikust laetav ja omab ainult elektriajamit. Vähemal määral puudutan ka hübriidajameid. See teema pakub mulle suurt huvi ja ma pean seda oluliseks, sest maailmal on aeg fossiilsete kütuste põletamise pealt edasi liikuda. Nüüd on tänu akutehnoloogiate arengule see võimalikuks saamas ning lisaks on sisepeõlemismootorid oma arengus jõudnud ebamõistliku keerukuseni nii ehituses kui heitgaaside koostises. Elektriautodel on ka see oluline eelis muud energiaallikat vajavate autode ees, et elektri tootmine on oluliselt lihtsam – seda saab põhimõtteliselt teha igaüks ise ja omas kodus. Töö lõpuosas vaatlengi väikest päikeseelektrijaama, millega paari elektriautot toita.

Töö eesmärk on välja selgitada praegune elektromobiilsuse hetkeseis Eestis ning ülesanneteks hinnata elektriautode laadimisvõrgu olukorda, elektriautode müüginumbreid ning elektromobiilsuse programmi (ELMO) hetkeseisu Eestis. Lisaks arvutan, kas praegu on juba mõistlik paigaldada isiklik päikeseenergia-elektrijaam elektriautode laadimiseks.

1. 2012. AASTA SEIS ELEKTROMOBILSUSES

1.1. Lähisajalugu

2012. aastal käivitus SA Kredexi elektrimobiilsuse projekt ELMO. Kiirlaadijad valmisisid aasta jooksul ja olid juulis algavaks prooviperioodiks suuremalt jaolt valmis. Esimesed Mitsubishi i-MiEVid (52 tk) ja selle Euroopa analoogid Peugeot iON (2tk) ja Citroen C-Zero (2 tk) registreeriti aastal 2011. Projekt sai omajagu kriitikat, mis enamasti oli ajendatud sellest, et Mitsubishi i-MiEV, mis on selle projekti näoks, on meie jaoks väga harjumatu formaadiga sõiduk. Meie autoomanikud ei ole harjunud munakujulise sõidukiga, mille pikkus on 3,5 meetrit ja laius 1,5 meetrit ning pagasiruumi eriti ei olegi. Joonis 1 näitab, kuidas kujutati seda autot ELMO projekti tutvustusmaterjalides.



Joonis 1. Mitsubishi i-MiEV - ELMO projekti nägu [3].

Elektriajami efektiivuse ja sisepõlemismootori ebaefektiivsuse ja hooldusvajaduste tõttu on elektriajamiga sõidukite tootmise vastu huvi koguaeg olemas olnud. Elektriajamiga rongid, trammid ja trollid on liikluses juba ammu, kuid need kõik saavad oma elektri võrgust ja peavad sellega pidevalt ühenduses olema. On tehtud ka trolle, millel on lühiajaliseks kasutamiseks mõeldud akud peal, et paarsada meetrit kuni mõni kilomeeter ilma võrgutoiteta sõita.

Esimesed laialt levinud ja end tänaseks suurepäraselt tõestanud katsed elektriajamitega tegi Toyota oma Priusega, mis on esimene masstootmises olev hübriidajamiga sõiduk ja mis on end tõestanud suurepärase töökindlusega. Põhimõtteliselt võib esimese põlvkonna Chevrolet Volti (Opel Amperat) juba peaaegu elektriautoks lugeda, sest rattaid aetakse ringi puhtalt elektriajamiga, kuid antud mudelil on aku väike ja elektrit toodetakse sellele sise-põlemismootoriga. Selline lahendus oli mõnevõrra edukas auto sünnimaal USA-s, kuid mujal mitte. Eestis oli neid aastal 2012 arvel ainult 1 [4]. Üldiselt arvatakse, et peamine põhjus, miks elektriautod (antud kontekstis ainult elektriajamiga ja akudest energiat tarvivad sõidukid) just 2010. aastate algul levima hakkasid, oli see, et õpiti hästi tootma liitium-ioon akusid ja neid oli võimalik suhteliselt kiiresti (poole tunniga) 80%-ni täis laadida ilma et aku kiiresti vananeks [2].

Akutoitel elektriajamiga autosid oli varemgi väikeseeriatena tehtud, kuid tol ajal saadaval olnud akutehnoloogiad ei võimaldanud neil massidesse minna. Peamisteks probleemideks olid akude kaal, laadimine, vastupidavus ja eelmainitute suhe kogu komplekti hinda. Esimestena alustasid aastal massi-elektriauto arendamisega 2004. aastal Tesla ja 2006. aastal Mitsubishi. Esimesed Tesla Roadsterid müüdi aastal 2008, kuid Teslal alustava firma ei olnud võimsust masstootmiseks ega võimaldanud seda ka sportauto hind ja potentsiaalse ostjaskonna väiksus. Mitsubishil aga võimsust oli ja 2009. aastal alustati i-MiEVi müügiga Jaapanis ja 2010. aastal mujal. Oldi valmis väga suurteks tootmismahudeks, kuid kahjuks ei olnud nõudlus sellise auto vastu tol hetkel veel piisavalt suur. Volkswagen alustas samal ajal oma elektriajamiga auto arendamist ja see jõudis müügile 3 aastat hiljem. Volkswageni, Mitsubishi ja mitmete teiste esimeste elektriautode ühine omadus on see, et need on algselt olnud sisepõlemismootoriga autod, millele on elektrimootor ja akud peale sobitatud.

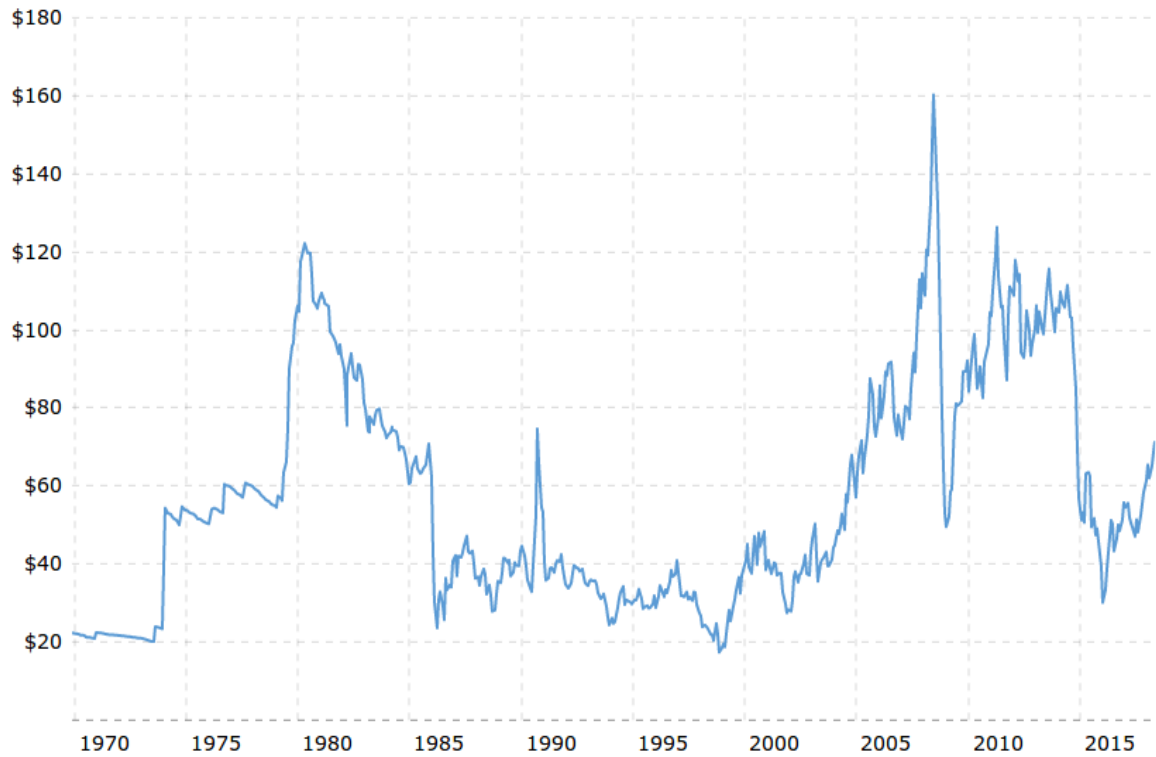
2010. aasta 31. detsembriks oli maanteeameti statistika alusel Eestis arvel üks auto ja üks mopeed, mille mootori tüübiks on ARK määranud elektri: ümber ehitatud GAZ 20, mida kirjeldas Margus Altement 2012. aasta bakalaureusetöös ja 2009. aastal arvele võetud American Electric Kurrent, mis on 48 voldise pingega 4 kW mootoriga neljarattaline väikesõiduk reklaamitud sõiduulatusega 64 km ja maksimaalse kiirusega 40 km/h. Sisuliselt on tegemist golfikäruga, millele on kere ümber ehitatud [5]. Joonis 2 on pilt

American Electric Kurrentist. 2011. aastal lisandus 4 kodumaal ümber ehitatud sõidukit: VW Golf III (2 tk), ZEV Seven, ZEV Smiley ja esimesed 52 Mitsubishi i-MiEVit ning Peugeot iOn ja Citroen C-Zero demoautod, kumbagi kaks. 2012. aastal lisandusid ümber ehitatud Dacia Sandero ja VW Põrnikas, 3 Micro-Vett Fiorinot, 53 Nissan Leafi ja veel 456 Mitsubishi i-MiEVit. [4]

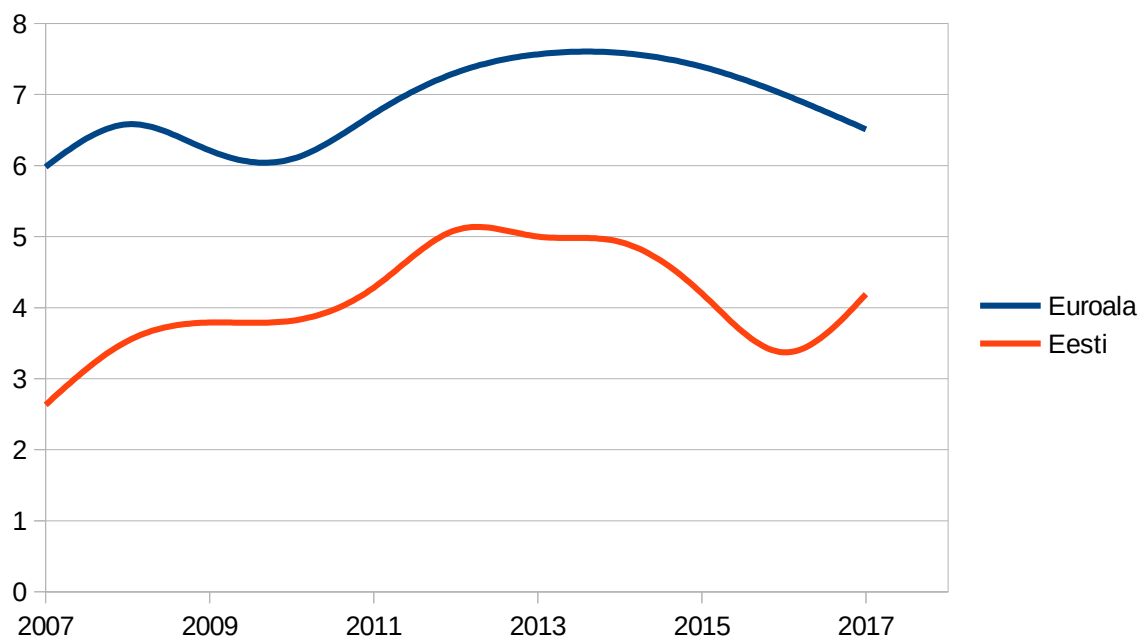


Joonis 2. American Electric Kurrent [5].

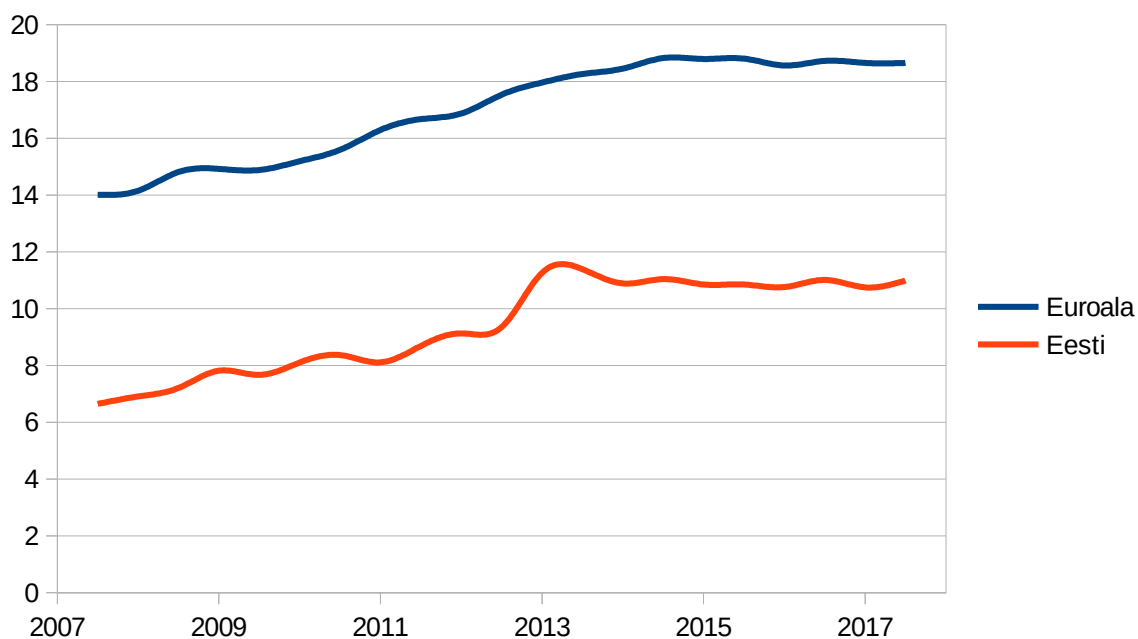
Ajalooliselt on lisaks efektiivsusnäitajatele, mis huvitavad pigem insenere kui auto-kasutajaid, elektriautode vastu huvi üleval hoidnud ka probleem heitgaasidest tuleneva õhusaastega ning naftal või gaasil põhineva põlevkütuse varude vähenemise ja hinna (poliitiline) ebastabiilsus. Joonisel 3 on inflatsiooni järgi kohandatud nafta maailmaturuhindade graafik aastatevahemiku 1970-2018 kohta. Töö kirjutamise ajal on hind umbes 67 \$ barreli kohta ja ennustatakse tõusu 100 \$ kanti. Joonisel 4 on maagaasi hind kodutarbijale Euroopa Liidus ja Eestis aastatel 2007-2017 ning joonisel 5 elektrienergia hind kodutarbijale Euroopa Liidus ja Eestis aastatel 2007-2017. [6], [7]



Joonis 3. Nafta inflatsiooni järgi korrigeeritud maailmaturu hind USD/Barreli kohta 1970-2018 (Macrotrends.net) [6].



Joonis 4. Maagaasi hind eurosentes majapidamistele 2007-2017 [7].



Joonis 5. Elektri hind majapidamistele eurosentes 2007-2017 [7].

Veel üks, Eesti jaoks eriliselt kasulikuks osutunud tegur elektriautode leviku alguse käivitamiseks on Kyoto kliimaleppe tulemusel loodud saastekvootidega kauplemise skeem. Kyoto protokoll sõlmiti aastal 1997 eesmärgiga vähendada kasvuhoonegaaside tootmise kogust. Selleks seati lepinguga liitunud riikidele õhku paisatavate heitgaaside limiidid (kvoodid) ja lubati nendega kaubelda juhul kui mõnel riigil kvote üle jääb ja mõnel teisel puudu tuleb. Leppe eesmärk oli aga ühiselt saastamist vähendada ja selle motiveerimiseks vähendatakse iga-aastaselt jagatavat kvooti ja tõstetakse kvoodist suurema saastamise trahvi. Meie meedias kasutati kvoodiühikuna inglise keelset lühendit AAU, ehk *Assigned Amount Unit*, mille eesti keelne tõlge on „kasutamata saastekvoodi ühik”. Eesti ratifitseeris Kyoto protokolli 2002. aastal. Kvootide jagamisel võeti aluseks 1990. aasta seis, mis meile väga kasulikuks osutus, sest sel ajal oli meil siin veel omajagu saastavat tööstust, mis peagi peale Eesti Vabariigi taastamist tegevuse (ja saastamise) ära lõpetas või renoveerimise ja efektiivsemaks muutmise tulemusena puhtamaks sai ja seega sai Eesti oluliselt rohkem saasteühikuid kui meil vaja oli. 2010. aastal tulid mõned inimesed ministeeriumis mõttele need üleliigsed maha müüa. Päris nii lihtne see aga ei olnud, sest müügist saadavat raha võis kasutada ainult CO₂ tootmist vähendavate projektide rahastamiseks ja turul oli AAU-de kohalt ülepakkumine. 10 miljoni ühiku puhul saadi kaubale Mitsubishiiga mõlemale

osapoolle kasuliku vahetustehingu raames. Läbirääkimiste konkreetsem sisu on salastatud, aga kokkuvõtteks vahetati saasteühikud elektriautode, laadimisvõrgu ja eraisikutele suunatud ostutoetuse vastu. [8], [9], [10]

1.2. ELMO programm

ELMO on 2011. aastal algatatud Eesti Elektromobiilsuse programm, mis koosneb kolmest osast:

- 1) 500 Mitsubishi i-MiEV elektriautot antakse sotsiaalministeeriumi töötajatele näidiskasutusse;
- 2) toetuskeem kuni 500 elektriauto ja kodulaadijate ostu toetamiseks;
- 3) rajatakse üleriigiline laadimisvõrk.

Programmi eesmärkideks on tutvustada elektriautosid ja kiirendada nende kasutuselevõttu ning suurendada taastuenergia kasutamist transpordisektoris. [11]

Elektriautode tutvustamiseks ja nendega sõitmist proovida laskmiseks otsustati luua suurematesse linnadesse elektriautode soodne lühiaegse rentimise võimalus. 04.07.2012 kuulutati välja riigihange lühirenditeenusele operaatori leidmiseks. Mõnda aega varem on mujal maailmas suurlinnades hakanud levima sarnased autojagamisteenused autode arvu vähendamiseks ja seeläbi õhu kvaliteedi parandamiseks. Prantsusmaal on muuhulgas pakutavaks kohalikud pisikesed elektriautod (mille kogutoodang jäi alla paarituhande ja ametlikku vabamüüki neid ei tulnud). Kuna neid toodeti Prantsusmaal, siis seal oli neid kõige rohkem. Vähemal määral liisiti neid ka rendioperaatoritele mujal. Operaatorit otsiti minimaalselt kolmeks aastaks ja maksimaalselt 2017. aasta lõpuni. [12] Projekt sai nimeks ELMO rent ja alustas tegevust 2013. aasta suvel.

1.3. Mitsubishi i-MiEV

Seda autot on eelnevates töödes korduvalt kirjeldatud ja seega ei hakka ma seda siin pikalt tegema. Lühidalt on tegu ülimalt lihtsa pisiautoga, mis on 3,4 m pikk ja 1,5 m lai ning tühimassiga 1080 kg. Arvutuslikult on sellest aku mass 200 kg. Ametlikult ei ole aku kaalu

antud, kuid on teada, et aku mahtuvus on 16 kWh ja kogu akusüsteemi erienergia on 80 Wh / kg. Siit saab lihtsa arvutustehtega leida aku massi: $16 \cdot 1000 / 80 = 200$ kg. Sõiduulatus on umbes 100 km. Mootor asub autol taga ja akud põranda all. Algselt oli „Mitsubishi i” Jaapanis sisepõlemismootoriga, elektriajamiga varustatuna sai lisanimeks MiEV (*Mitsubishi innovative Electrical Vehicle*). Eesti inimestele nägi see auto äärmiselt võõras ja väike välja ning neid müüdi väga vähe. [13]

1.4. Valitsusepoolne otsetoetus

Ajavahemikul 18.07.2011 kuni 30.11.2012 sai esitada taotlusi ostutoetuse saamiseks. Programmi rahadest toetati elektritoitega auto ostmist kuni 50 protsendiga ostuhinnast, kuid mitte rohkem kui 18000 €-ga. Lisaks toetati kuni 1000 €-ga laadija soetamist ja paigaldust. Toetusprojekti eelarve oli üle 9 miljoni € [3]. Esialgu oli plaanitud toetusi vastu võtta kuni 2012. aasta novembri lõpuni või kuni vahendite lõppemiseni. Sellel perioodil loodeti toetada umbes 500 sõiduki soetamist [14]. 2012. aasta lõpu seisuga esitati ainult 109 taotlust, millest rahuldati 84 [15].

19.07.2012 algatati lepingumuudatused Mitsubishi Corporationiga pikendamaks toetus-skeemi 2014. aasta lõpuni ja alates 19.11.2012 hakati toetama ka pistikhübriidide ostmist, seda küll vähemal määral, sõltuvalt sõiduki akude mahtuvusest. Kuni 19.07.2012 oli esitatud ainult 43 toetusavaldust, 14.11.2012 juba 100, kuid see oli siiski väga kaugel planeeritud 500-st. [16], [17]

1.4.1. Muud riigi või omavalitsuste toetused

Elektriautodele on lubatud Tartus ja Tallinnas tasuta parkida linna alal ja sellega muud toetused või soodustused piirduvadki. Tallinnas kadus südalinnas ja vanalinnas tasuta parkimise õigus 2013. aasta algul. Ka Pärnus on parkimine tasuta, kuid seal on vaja auto linna haldusteenuste kodulehel registreerida. ELMO laadimispunktide prooviperioodil oli laadimine tasuta. On välja käidud idee lubada elektrisõidukid Tallinna ühissõidukiradadele, kuid seda seadust ei ole veel vastu võetud [18].

1.5. Laadimisvõrk

Enne ülemaailmsete standardite tulekut olid avalikel teedel liikuvad elektriautod meil hobi korras sisepõlemismootoriga sõidukist koduste vahenditega ümber ehitatud sõidukid ja neid laeti samuti n.ö. koduste vahenditega, ehk tavalisest pistikupesast. Selline laadimine on aga madala võimsusega ja kestab mitmeid tunde olenevalt aku mahtuvusest. Kui elektriautosid tahta laiema üldsuseni viia, siis samamoodi nagu sisepõlemismootoriga autodele tanklaid, on elektriautode laadimiseks vaja kiirlaadimispunkte. Jaapanlased löid esimesena alalisvooluga laadiva CHAdeMO laadimisstandardi. Seda kasutasid aastal 2012 Mitsubishi ja Nissan, kasutada saab ka Tesla. 2012. seisuga oli Eestis riigihanke raames plaanis aasta lõpuks ehitada kõige moodsam 163 kiirlaadijast koosnev laadimisvõrk. Võrguhanke võitis ABB AS pakkumishinnaga 6,6 mln € + käibemaks ja $\pm 20\%$ sõltuvalt reaalsest tellimusest. Reaalselt oli 2012. aasta lõpuks valminud 151 laadimispunkti ja ülejäänud tulid veidi hiljem. 163 laadimispunkti avalik avamine toimus 20.02.2013. [19] Laadimisvõrku opereerivad ABB, G4S ja Now! Innovations [3].

1.6. Müügil olevad sõidukid 2012. aasta lõpu seisuga

1.6.1. Eestis müüdavad elektriautod

Aasta lõpu seisuga on esitatud taotlusi lisaks Nissan Leafile ja Mitsubishi i-Mievile ka Micro-Vett (Fiat) Fiorino EV ostmiseks. 2012. aastal oli Eesti elektriautode osakaalu poolest elanike kohta maailmas Norra järel teisel kohal ühe autoga tuhande elaniku kohta [20]. Vähesese huvi üheks põhjuseks on kesine Eestis müüdavate elektriautode valik.

Seega on meil müügil Mitsubishi i-MiEV, Nissan Leaf ja Micro-Vett (Fiat) Fiorino EV. Micro-Vett on Itaalia firma aastast 1986 (kuid vahepeal pankrotti läinud), mis on spetsialiseerunud tavasõidukite elektriajamile ümber ehitamisele. Peamiselt tegeldakse Fiati mudelitega ja tootmismahud on piisavalt väikesed, et seda ei saa seeriatootmiseks lugeda. [21][22]

Eritellimusel on võimalik Eesti firmal ZEV lasta enda auto elektriautoks ümber ehitada. Tõenäoliselt on 2012. aastaks arvel olevad 4 mittestandardset elektrisõidukid just nende töö tulemus. Nende internetifoorumist võib välja lugeda, et ka nende ümberehitustele on võimalik ELMO toetust saada, eeldusel et ümber ehitatav auto on uus [23].

1.6.2. Muja maailmas müüdavad elektriautod

Aasta lõpupoole saavad USA-s esimesed tellijad kätte oma Tesla Model S-i ja Prantsusmaal Renault ZOE. Tesla Model S-i tarniti 2012. aasta jooksul 2650 tk. Mainin ära teised autod, mis osutusid natuke levinumateks, mida toodeti oma eluea juures rohkem kui paartuhat eksemplari või milliseid liigub ka Eestis (Mia):

- Nissan Leaf – kõige edukam ligi 50000 müüdud autoga;
- Mitsubishi i-MiEV – müüdud 27200, millest ligi 2 % Eestisse [24];
- Tesla Roadsteri tootmine lõpetati 2012. aasta teises pooles. Kokku toodeti seda 2450 tk, piiriks sai Lotuselt ostetud kerede arv;
- Renault Fluence ZE Taanis ja Iisraelis – umbes 1400 tk [25];
- Mia jõudis Eestisse natuke hiljem. 2012. aasta lõpuks oli Euroopas müüdud 783 autot;
- Ford Focus Electric oli tootmises ainult USA-s ja Euroopasse ei jõudnud, kuigi see oli plaanis. 2012. lõpuks müüdi 693 autot ;
- Hiinas on müüdud 2124 BYD e6 taksot [26]. [27]

BYD e6 taksost on pilt joonisel 6 [28].



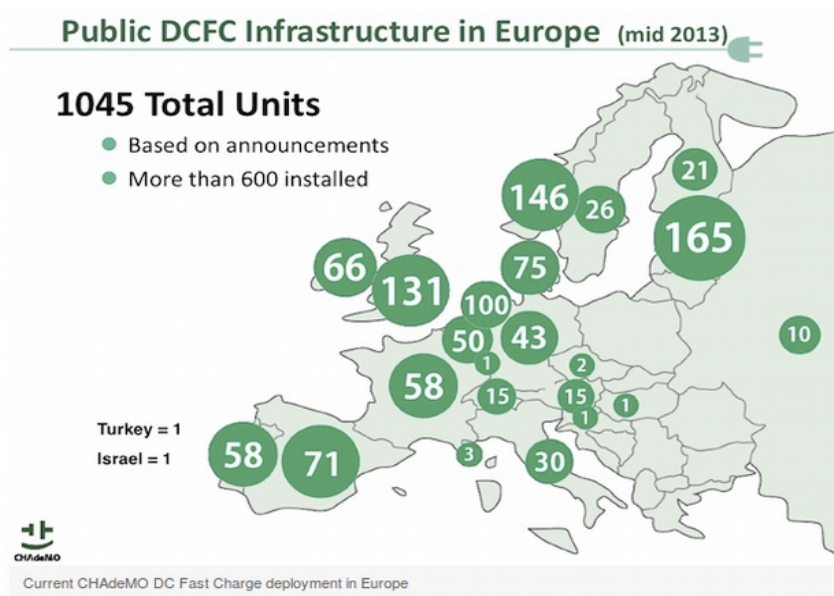
Joonis 6. BYD e6 EV takso [28]

1.6.3. Laadimisvõrk väljaspool Eestit.

2012-2013. aasta paiku oli Eestis tihedaim kiirlaadijate võrgustik maailmas. Järgnesid Norra, Inglismaa, Holland, Taani, Iirimaa, Hispaania, Portugal, Prantsusmaa. Joonistel 7 ja 8 on kaardid laadimisjaamade ja nende kogustega 2013. aastal. Esimesel on näha üksikute laadimisjaamade asukohad, teisel koguarvud riikide kohta. [3], [29]



Joonis 7. CHAdeMO kiirlaadimisjaamade asukohad Euroopas 2013. algul [3].



Joonis 8. CHAdeMO kiirlaadimisjaamade arv Euroopa riikides 2013. aasta keskel [29].

1.6.4. Elektriautode olukord Euroopas

Kui tavasõidukite tootmises on Euroopa autotootjad esirinnas, siis elektriautodele üleminekul jäid nad maha. Esimesena hakkas siinmail pihta Renault. Võiks küll eeldada, et kasutati samas kontsernis oleva Nissani kogemusi Leafiga, kuid nii see ei olnud. Isegi sama laadimisstandardit ei võetud kasutusele. 2012. aastaks olid müügis mudelid Fluence ZE ja Kangoo ZE ning aasta lõpus algas ZOE müük Prantsusmaal. ZOE oli Euroopa esimene masstoodetav elektriauto, mis oli algusest lõpuni elektriautoks projekteeritud. Kuna Prantsusmaal toodeti eelnevalt pisikesi elektriautosid lühirendi ja autojagamise tarbeks, siis tekkis ka tihe laadimisvõrgustik, mis neile autodele sobis. Selle tõttu ei saanud Prantsuse elektriautod CHAdeMO kiirlaadimisstandardit.

Saksa autotootjad BMW ja Volkswagen alustasid elektriautode arendamisega umbes siis kui Mitsubishi i-MiEV müügile tuli ja Tesla näitas, et isegi alustav firma saab tootmise ja müügi käima. 2012. aastal polnudki ühtegi Saksamaal toodetud elektriautot müügil ja isegi hübriide olid ainult mõned ja neidki ainult luksusautode hulgas.

12.11.2012 Saksa ajakirja Manager Magazin artiklis on tsiteeritud VW toleaegset juhti Ferdinand Piech'i, kes ütles: *"Ich halte nichts vom reinen Elektroantrieb", "Denn ich sehe nicht, dass in absehbarer Zeit Batterien mit ausreichender Haltbarkeit zur Verfügung stehen werden [30]."* See tähendab: „ma ei arva puhtast (siin on mõeldud akutoitel) elektriautost midagi, sest ma ei näe, et lähemas tulevikus piisava vastupidavusega akud saadaval oleksid”. Tol hetkel ei olnud VW-l tõepoolest vaja pingutada, sest järjest karmistuvate heitgaasi piirmääradega sai nende autodele arendatud tarkvara NEDC (*New European Driving Cycle*) testide järgi edukalt hakkama. Seadused ja reeglid olid loodud nii, et sellel mõõtetulemusel ei pidanudki olema seost tegeliku kütusekuluga (mis on otseselt seotud reaalse heitgaaside väljaheitega). Välja reklaamitav kütusekulu leiti laboritingimustes mõõdetud CO₂ näidu järgi. [31]

1.7. Elektritakso aastal 2012

Elektritakso sai alguse Tartust ühe Nissan Leafiga 2012. aasta kevadel. 2012. aasta lõpu seisuga olid mõned autod juurde tulnud ja firma üritas inimeste poolehoidu võita hoides hindu turu soodsamas osas. Nutirakendusega tellimist ja personaalset krediidilimiiti veel ei olnud ja tellimine käis tavalise dispetšeri abil. Kuna autosid oli vähe ja huvi oli suur, siis oli olukordi kui taksot pidi kaua ootama – 15-20 minutit, mis Tartu suuruses linnas on väga palju. Mõnikord polnud vaba taksot üldse saada.

1.8. Tulevikunägemus aastal 2012

ELMO programmi juht lubab Lätis tehtud presentatsioonil Eestisse 2020. aastaks 12000 laadimispunkti (1000 avalikku laadijat)! Kuid samas tunnistab ka ise, et see on ebareaalne eesmärk, peamiselt finantseerimise tõttu. [3]

Paljud arvasid, et elektriautod on ebamõistlikult kallid osta ja 5 aasta pärast läheb aku katki ning siis pole sellega enam üldse midagi teha ja seega ei tasu elektriauto ennast kunagi ära. Kalli hinnaga tuleb nõustuda, aga elektritaksode kogemuse järgi sõidavad nende autod murevabalt 5 aastaga 300000 km. Tegelikult on aga Nissan Leafid ülihästi vastu pidanud. Mõnel üksikul juhul on vaja olnud akut vahetada ja seda on tehtud garantii korras. Samuti on hästi vastu pidanud Mitsubishi i-MiEVid. See on tõsi, et 5 aasta ja 300000 km läbisõidu järel on akude mahtuvus langenud, kuid mitte nii palju, et auto kasutuskõlbmatuks muutuks. Kasutajatel, kes ei sõida nii palju nagu taksod, ei ole mahtuvus ka nii palju vähenenud. Mõelge nüüd korra sama vana sisepõlemismootoriga auto peale – kui palju seal on keerulist tehnikat ja elektroonilisi juhtimissüsteeme, mis saavad rikki minna? Tänapäevaks on Nissan Leafi aku vahetuse hind umbes 6000 € ja tänapäeval müüdavate elektriautode akudele antakse juba 8 või 10 aastat garantiid. Ka juhul kui peale 5 aastat ja 300000 km sõitmist on vaja uus aku osta, on elektriauto pidamine soodsam ja murevabam, sest midagi muud selle aja jooksul remontida või vahetada ei ole vaja, vähemalt kvaliteetse Jaapani auto puhul.

Tõele vastavad need kartused, et talvel läbisõit väheneb tuntavalt ja pikki vahemaid on tülikas sõita igal ajal. Praegused soodsad elektriautod on siiski mõeldud linnas sõitmiseks ja ei tohiks neid sundida tegema asju, milleks nad mõeldud ei ole.

Matti Liiske panustab 2011. aasata ajaleheartiklis kõigepealt kütuseelemendile ja tsink-õhk akudele. Tema sõnul on kütuseelemendi ja elektriajami kasutegur nii hea, et sellega võiks ka autoomaniku maja kütta. [32]

Üldiselt siiski arvati, et elektriautod lõpuks ikkagi võidavad, aga selleks kulub veel väga palju aega.

1.9. 2012. aasta kokkuvõte

2012. aasta kevade seisuga pidi valitsuse elektriautode elektriautode ostutoetuste jagamise projekt lõppema 2012. aasta lõpus. Juulis anti teada, et projekti pikendatakse veel kahe aasta võrra, 2014. aasta lõpuni või kuni vahendeid jätkub [33]. Esialgselt planeeritud projekti kestvuse ajal anti sadakond taotlust elektriauto ostusoodustuse saamiseks. Peamiseks kesise huvi põhjuseks oli ostetavate autode puudus – peale Mitsubishi i-MiEVi ei olnudki midagi osta.

Eesti on maailma mastaabis väga innovatiivses positsioonis ja saab sellega endale palju reklaami teha. Laadimisvõrk on tihe ja ajakohane ning selles saab laadida kõiki saadaolevaid autosid. Kahjuks teevad Saksamaa autotootjad hiljem oma vahelduvvoolul põhineva standardi, mis CHAdeMO-ga kokku ei sobi. Kohapeal käib ka kõrge Tesla delegatsioon plaaniga siia esindus ja hoolduspunkt luua, kuid see jääb ära, kuna riigil pole visiooni, mis peale ELMO projekti lõppemist edasi saab.

Mujal maailmas läheb hästi Californial USA-s. Seal on maailma kõige rangemad keskkonnanõuded sõidukitele ja väikeseeriatena on elektriautosid toodetud juba 90-ndate lõpust saati. Peale Tesla on seal alustanud ja sageli ka juba lõpetanud mitmeid teisi elektriautosid toota lootvaid start-up firmasid. Hästi arenevad ka Prantsusmaa, Jaapan ja Hiina. Neil riikidel on kõigil probleemid suurlinnade õhu kvaliteediga.

2012. aasta lõpus on maailmas müüdud ligi 100000 akutoitel elektriautot. Suurimad ostjad on USA, Norra, Jaapan ja Prantsusmaa. Hiina hakkab tõusma ja oma õhusaaste probleemi tugevalt elektritranspordi abil lahendama.

2012. aasta lõpuks oli meil moodsatest elektriautodest arvel 3 Micro-Vett Fiorinot, 53 Nissan Leafi ja 508 Mitsubishi i-MiEVit (sealhulgas Peugeot ja Citroen tütar mudelid) [4].

2. ARENG 2012-2018

2.1. Eesti elektromobiilsuse areng 2012-2018 – Sissejuhatus

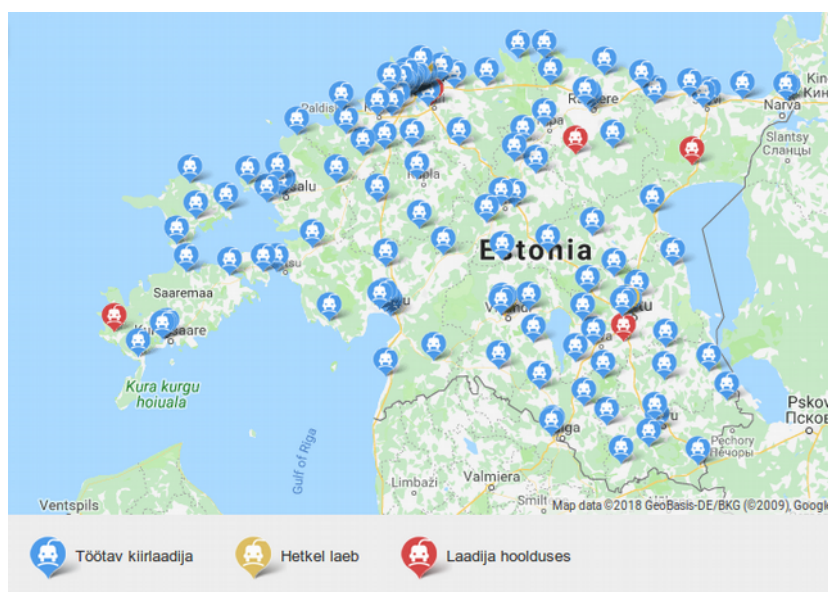
ELMO ostutoetuse projekt kestis kuni 2014. aasta teise pooleni ja soodne ELMO rent kuni 2017 juulini. 2017. aasta lõpus arvatakse valitsuses, et peaks uuesti elektriautode levikut toetama hakkama [34], kuid sellega on asi siiani piirdunud. 2018. aasta suveks ei ole uue plaaniga välja tulnud. Peale ELMO lõppemist on areng Eestis seisma jäänud ja muu maailm läheb mööda. AAU-d said otsa.

2.2. ELMO programm

2.2.1. Laadimisvõrk

ELMO projekti raames loodi Eestisse esialgu 151-st laadimispunktist koosnev laadimisvõrk, mis avati ametlikult 20.02.2013. 2013. aasta suveks lisandus veel 14 ja kokku sai 165 laadimisjaama [35]. Eesti oli esimene riik maailmas, mis kogu riigi nii tiheda laadimisvõrguga ära kattis. Kahe laadija vahe ei tohtinud ületada 40-60 km. Leidis küll riike, kus laadijaid oli rohkem (näiteks Portugal), kuid need ei olnud kiirlaadijad.

Kuna laadimispunktide rajamine on kulukas, siis 2016. aasta märtsiks lisandus vaid 2 laadimisjaama [36] ja töö kirjutamise ajal tuli uudis, et 2018. aastal ehitatakse Tartusse veel viis laadimispunkti [37]. Joonis 9 näitab laadimispunktide võrgustikku aastal 2016.



Joonis 9. ELMO kiirlaadijad Eestis 2016. aasta seisuga [4]

ELMO-st eraldiseisvalt tasub ära märkimist, et Tallinki laevadel saab alates 2017. aastast elektrisõidukeid laadida 220V võrgust. Selle võimaluse kasutamiseks tasub piletit ostes sellest teada anda, et saada autotekil koht laadimiskohtade lähedusse [38].

2.2.2. ELMO rent ja teised renditeenused

ELMO rent alustas ametlikult tegevust juulis 2013 ning töötas Kredexi juhtimisel ja G4S-i opereerimisel. Alustati mõnede rendipunktidega Tallinnas ja ühega Tartus, Ahhaa keskuse juures. Tegevuse käigus lisandus mitmeid rendipunkte Tallinnasse ja 05.09.2014 avati teine Tartu rendipunkt raudteejaamas. Projekti lõpuks oli Tartus 2 ja Tallinnas 10 rendipunkti. 2017. aasta juulis sai projekt läbi ja autopark koos kiirlaadijate ja kliendibaasiga pandi müüki alghinnaga 120000 € koos kohustusega veel vähemalt 3 aastat teenust pakkuda. Projekti jooksul maksti renditasusid 456000 € ja projekti kulud olid 386100 €. Kõige suurem kuluartikkel oli autode kindlustus. Autod pidasid aga vastu ja eesmärk tutvustada Eesti inimestele elektriautosid sai täidetud, kuigi viimastel kuudel olid rendisessioonide arvud kesised. Huvilised said proovida elektrisõidukeid igal aastaajal ja proovida nii pikemaid kui lühemaid sõite. [39], [40], [41]

Autopark koos kõige muuga müüdi edasi nelja firma poolt tehtud ühispakkumisele hinnaga 277000 €. Peale kahekuulist vaheaega, 13.09.2017 jätkus projekt nimega ELMO Rent 2.0. Senistele elektriautodele lisandusid autoparki mõned Toyota Priused. 2017. aasta sügisel avati ka ajutine hooajaline rendipunkt Pärnus. 2018. aasta märtsis alustas ELMO Rent 2.0 koostööd Elektritaksoga, alustuseks autopargi hooldamise alal. 2018. aasta suveks on ELMO Rendil 15 rendipunkti Tallinnas ja 3 Tartus. Ahhaa keskuse rendipunkt kolis bussijaama lähedale ja lisandus rendipunkt Annelinna Eedeni keskuses. [42], [43]

Muude rendivõimaluste koha pealt oli Renault' müüjalt Citymotorsilt kuni 2018. aasta alguseni proovimiseks võimalik päevakaupa rentida Renault ZOE elektriautot. Lisandunud on veel paar elektriautodega tegelevat firmat, kuid neil on tühine tegutsemisvõimsus võrreldes eelmainitutega. Näiteks on olemas:

- Elektritransport OÜ – registreeritud 2016. mais Saaremaal. Kodulehe andmetel müüvad ja rendivad elektriautosid, kuid ka laadimisseadmeid. Postimehe artikli andmetel ehitavad just nemad Tartusse 2018. aastal 5 uut laadimisjaama [37].
- Tesla Rent OÜ. Tegutsevad Tallinnas ja kasutavad domeene teslarent.eu ja tellitesla.ee – registreeritud märtsis 2015. Alustasid ühe Tesla Model S-iga ja pakkusid ainult juhiga teenust. Praeguseks on kolm autot, üks uuem Tesla Model S ja üks Tesla Model X. [44]

2.2.3. Toetused

Toetust elektriautode ostuks sai taotleda alates 18.07.2011 kuni vahendite lõppemiseni 06.08.2014. ELMO programmi vahenditest toetati 657 elektriauto ja laetava pistikhübriidi soetamist. Peale ostutoetuse kadumist otsesed toetused puuduvad [45], [46]. Peale Kredexi ostutoetuse lõppemist on valitsuses korduvalt teemaks olnud elektrisõidukite hankimise motiveerimise jätkamine, sest euronõuded saastamise vähendamise osas ja taastuvatele energiaallikatele üleminekul tuleb ära täita, kuid midagi lootustandvat elektriautode osas tulnud ei ole. Viimati tehti sellest juttu 2017. aasta lõpus, kus mainiti ka ära, et aastaks

2030 tuleb CO₂ väljapaisset vähendada 30 % [34]. Arvatavasti on toetamine siiani jäänud rahaliste vahendite taha.

Kaudsete toetuste kohalt saab endiselt tasuta parkida linnades, kus on sisse viidud tasulise parkimise kord (välja arvatud Tallinna vanalinn ja südalinn). Tuleb meeles pidada, et see reegel kehtib ainult linna poolt hallatavatel parkimisaladel ja auto tuleb eelnevalt kord aastas registreerida. Eraparklates tuleb järgida valdaja poolt kehtestatud reegleid. Alates 01.05.2015 tohivad täiselektrilise veoajamiga autod kasutada Tallinnas sõitmiseks bussiradu [47] ning 1. märtsist 2018 tohivad elektriautode laadimiskohtadele parkida ainult elektriautod [48].

2.3. Taksod ehk sõidujagamine

Elektritakso alustas 2012. aasta juulis Tartus ja on praeguseks arenenud üheks suurimaks taksoettevõtteks. Nende jaoks on Nissan Leaf end tõestanud ja nad jätkavad laienemist ning vahetavad autosid uute vastu. Praegu tegutsevad nad Tartus, Tallinnas ja Pärnus. Alustati Tartus ühe autoga, 2013. aasta keskel oli neil 15 autot ja praeguseks on neil kasutuses 55 Nissan Leafi 150 juhiga. Tellitud on 12 viimase põlvkonna 40 kWh akuga Nissan Leafi ja edaspidi on kavas kõik Leafid uute vastu vahetada. Elektritakso esindaja hinnangul neil elektriautodega erilisi probleeme olnud ei ole ja kindlasti on nende pidamine odavam kui sisepõlemismootoriga autode pidamine. Enne välja vahetamist sõidavad nende käes Leafid läbi umbes 300000 km ja selle aja peale jääb aku võimsusest järgi umbes 80 %. Elektritakso kuulub ka nende firmade hulka, mis maailma taksonduse uuendused Eestisse toovad. Nutitelefoni rakendusega tellimises nad esimene ei olnud, aga nemad pakuvad esimesena võimalust kasutada kasutajakontot nii, et sõidu eest kohe maksma ei pea [43], [49], [50].

Teisena tuli Elektritaksoga konkureerima Välk Takso, mis alustas märtsis 2014 Tallinnas, märtsis 2016 Pärnus ja veebruaris 2017 Tartus. Välk teeb koostööd Taxify-ga ning pakub ka äriklientidele lepingu olemasolul võimalust maksta kuu lõpus arve alusel ülekandega. [51]

Lisaks Elektritaksole ja Vālgule tegutses 2015. aastal Tallinnas veel NB ETakso ja Kuressaares Osilia Takso. Osilia laiendas hiljem tegevust Viljandisse. NB ETakso eesmärk oli Tallinnas tavalist taksoteenust pakkuma hakata ka Tesla Model S-idega ja väidetavalt telliti 4 autot. 2018. aastal internetist otsides hilisemaid andmeid selle kohta ei leia, seega võib järeldada et taksot sõitma need Teslad ei hakanud.

Uue nähtusena tekkis aastal 2011 Californias Uber. Esialgu tavalisest ametlikust taksost kallimat ja uhkemat teenust pakkuvast firmast sai 2012. aasta paiku taksodega konkureeriv firma, kusjuures kasutati tavalisi autosid ja juhtidena tavainimesi, kellel polnud litsentsi inimesteveoga tegeleda. Opereerimine käis tervenisti nutitelefoni rakenduse kaudu ja sellel oli tavalise takso ees mõningaid eeliseid, muuhulgas said valida endale lähima auto ja said ka teada oma sihtkohta jõudmise eeldatava aja ja hinna täpsemalt kui klassikalise taksojuhiga suheldes. Niimoodi hoiti kokku palju raha ja saadi pakkuda teenust odavamalt. Traditsioonilistest seadustest kinni pidamist ei peetud oluliseks ja oma tegevust nimetati sõidu jagamiseks, mitte taksoteenuseks. Juhul kui mõni linn nende tegevuse ära keelas, siis kasutati kõikvõimalikke võtteid, et sundida neid oma seadusi muutma. Praeguse seisuga opereerib Uber 633 linnas üle maailma, kuid on ka mõnedest põhimõttekindlamatest kohtadest välja tõrjutud. Eestis tegutseb Uber ainult Tallinnas, seda alates 2015. aastast. Maailma keeltesse tekkis ka uus sõna sõidujagamise (*ridesharing*).

Aastal 2013 asutas üks 19-aastane noormees Tallinnas Taxify, millest lõpuks sai kohalik Uber. Esialgu oli eesmärgiks Tallinna ja Riia taksode koondamine ühise platvormi ja nutirakenduse alla, et kasutajal oleks mugav tellida endale sobiv ja endale lähim takso sõltumata operaatorfirmast ning näha kui kaugel tema tellitud takso parajasti on. Mõne aja pärast hakkasid nad ka endale „sõidujagajaid” palkama, kuigi Eestis oli reisijate vedamiseks taksolitsentsi vaja. Ilma litsentsita taksoteenust on Eestis proovitud ka varem pakkuda. 90. aastatel, kui bussiliiklus Tartu ja Tallinna vahel oli hõre, sai mõlema bussijaama juurest istuda väikebusside peale, mis sind kiiremini ja soodsamalt kohale viisid. See tegevus keelustati mõne aja pärast ära – aeg ei olnud veel küps. Tänapäeval teeb „sõidujagamise” võimalikuks tehnoloogia areng – igal inimesel on kaasas internetiühendusega nutitelefoni ja enam ei pea ehku peale teatud tankla taha kogunema.

Nüüdseks on Eestis sõidujagamise skeemile üle läinud ka suurem osa taksofirmadest, sest raske on konkureerida konkurendiga, kes ei tegutse samade reeglite järgi. Sellel kõigel on ka positiivne külg. Traditsiooniline taksondus on ajale jalgu jäänud ja vajab uuendamist, kuid sellegi poolest peaksid inimesteveoga tegelevad isikud olema mingil moel koolitatud ja sertifitseeritud teiste elude eest vastutama. Eestis paraku on see osa lohakile jäetud.

Antud töö teema on aga elektriautod ja Uberist sai alustatud selle pärast, et tänapäeval tegeleb Uber ka aktiivselt isesõitvate autode arendamisega eesmärgiga pakkuda teenust päris ilma juhita, ning selleks sobiksid eriti hästi just ilma sisepõlemismootorita sõidukid. 30.05.2018 tuli ka Taxify-lt uudis, et alustati koostööd Daimleriga ja hakatakse oma isesõitvat autot välja töötama. Robotil oleks elektrit tankida oluliselt lihtsam ja turvalisem kui põlevkütust. Samuti olen arvamusel, et arvutiprogramm saab olla palju parem autojuht kui inimene. Teine asi on see, et tänu sellele skeemile oli meie elektriautosid kasutavatel taksofirmadel lihtsam alustada ja vanamoodsate konkurentide ees korraks eelis saada. Elektriauto pidamine on küll odavam kui tavalise auto pidamine, kuid uute elektriautode soetamine on jällegi kallim.

2.4. Müüginumbrid ja müügis olevad autod Eestis

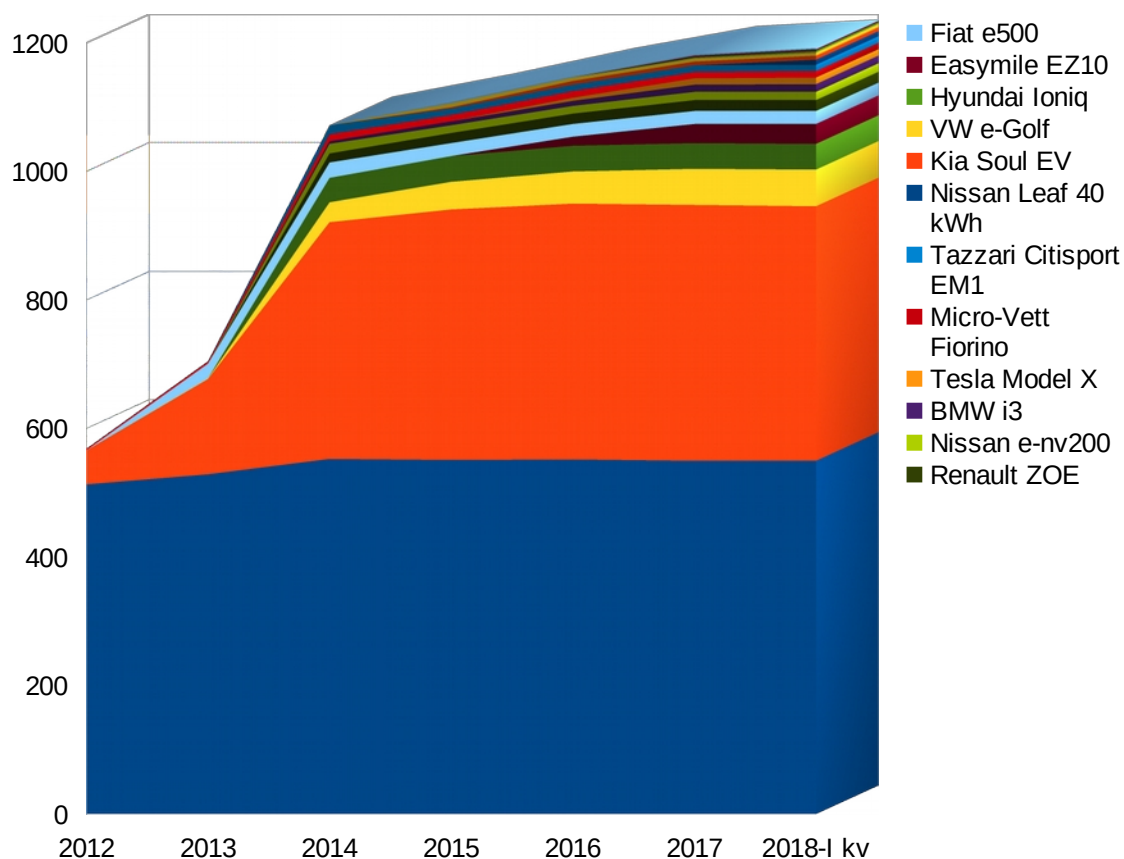
Tuletame meelde, et elektriauto ostutoetust sai taotleda kuni 2014. aasta augustini. Tabelis 1 on Eestis registreeritud elektriautode kogused aastail 2012-2018 ja joonisel 10 on graafik selle kohta [4]. Tabelist ja graafikult on näha, et kuni 2015. aastani tõusis autode registreerimine järsult ja eriti hästi läks kaubaks Nissan Leaf. Nissan Leaf-i edu ei tähenda aga suurt midagi, sest enne 2015. aastat polnud eriti midagi muud saadaval. VW e-UP! ja Renault ZOE ei ühildu meie laadimisvõrguga ja nende müük jäi tagasihoidlikuks, kuigi ostusoodustus tegi nende hinna Nissan Leafi omast oluliselt paremaks. Oma osa võib selles muidugi olla ka sellel, et Nissan Leafi sai proovida ELMO renditeenusega ja samuti olid tänavatel elektritaksod. Tabel 2 dubleerib osaliselt esimest tabelit ja näitab vastavate autode arvu muutust aastatel 2015-2018.

Tabel 1. Eestis arvel olevad elektrisõidukid 2012-2018. aasta seisuga [4].

Aasta	Mitsubishi iMiEV	Nissan Leaf 24 kWh	Tesla Model S	VW e-UP!	Nissan Leaf 30kWh	MIA	Renault ZOE	Nissan e-nv200	BMW i3	Tesla Model X	Micro-Vett Fiorino	Tazzari Citisport EM1	Nissan Leaf 40 kWh	Kia Soul EV	VW e-Golf	Hyundai Ioniq	Easymile EZ10	Fiat e500
2012	513	53									3							
2013	529	148	1			23					4							
2014	553	368	31	38		24	14	15	4		11	14						
2015	551	390	43	40		20	16	12	6		10	10		2	6			2
2016	552	398	50	40	14	20	16	12	8	5	10	10		6	5			2
2017	550	398	56	40	30	20	17	13	11	10	10	10		6	5	2	2	2
2018-I kv	550	396	57	40	31	20	17	13	12	10	10	10	8	6	5	3	2	2

Tabel 2. Eestis arvel olevate elektrisõidukite arvu muutus 2015-2018 [4].

Aasta	Mitsubishi iMiEV	Nissan Leaf 24 kWh	Tesla Model S	VW e-UP!	Nissan Leaf 30kWh	MIA	Renault ZOE	Nissan e-nv200	BMW i3	Tesla Model X	Micro-Vett Fiorino	Tazzari Citisport EM1	Nissan Leaf 40 kWh	Kia Soul EV	VW e-Golf	Hyundai Ioniq	Easymile EZ10	Fiat e500
2015	-2	22	12	2	0	-4	2	-3	2	0	-1	-4	0	2	6	0	0	2
2016	1	8	7	0	14	0	0	0	2	5	0	0	0	4	-1	0	0	0
2017	-2	0	6	0	16	0	1	1	3	5	0	0	0	0	0	2	2	0
2018-I	0	-2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	8	0	0	1	0	0
Σ	550	396	57	40	31	20	17	13	12	10	10	10	8	6	5	3	2	2



Joonis 10. Eestis registreeritud elektrisõidukid 2012-2018.

Lisas 1 on graafiliselt välja toodud 2018. aasta 31. märtsiks arvel olnud elektriautod mudeli kaupa ja sealt on välja jäetud Mitsubishi i-MiEV ja 24 kWh Nissan Leaf, et teised graafikult paremini välja paistaksid. Graafikul näidatud numbrid näitavad sõidukite arvu.

Tabel 1 näitab ära Eestis müüdud elektriautod, sest kui auto müüja selle siia näitamiseks toob, siis peab ta vähemalt ühe auto ka arvele võtma et sellega proovisõitu teha. Seega, Eestis müüdud elektriautode nimekiri on:

- Mitsubishi i-MiEV – alates 2011. Ostuhuvi puudumise tõttu ei müüda alates 2015. aastast.
- Nissan Leaf – alates 2012. Siiani on olnud kolm versiooni, 24 kWh, 30 kWh ja uuendatud mudel 40 kWh akuga. 2018. aasta lõpuks on lubatud ka 60 kWh akuga versiooni.

- Micro-Vett Fiorino – Fiat Fiorino väikekaubik, mida ehitati väikeseeriana Itaalias aastatel 2009-2013 ja müüdi Eestis üks partii (10 autot). Micro-Vett läks 2013. aasta algul teist korda pankrotti.
- Mia – Prantsusmaal toodetav 10 kW ajami ja 8 kWh akuga pisikaubik. Kõige rohkem oli neid arvel 2014. aastal, 24 tk. Eestisse jäi neist 20tk. Mia-sid toodeti 2011-2013 kuni Mia Electric pankrotti läks.
- Tesla Model S – See auto tutvustamist ei vaja, tootmises alates aastast 2012.
- BMW i3 – Esimene Saksamaalt pärit elektriautoks ehitatud sõiduk. Toodetakse alates 2014. aastast.
- Tesla Model X – Ka see auto ei vaja tutvustamist. Toodetakse aastast 2015.
- Nissan e-nv200 – Nissan Leafi tehnikaga kaubik, mida toodetakse alates 2014. aastast.
- Renault ZOE – Euroopa esimene populaarne elektriauto. Toodetakse alates aastast 2013, Eestisse jõudis 2014. Erilist populaarsust ei saavutanud, kuna ei ühildu meie kiirlaadimisvõrgustikuga.
- Tazzari Citisport EM1 – Smarti suurune, kuid nägusam pisiauto Itaaliast 15 kW mootori ja umbes 100 km sõiduulatusega. Eestisse jäi 10 eksemplari.
- VW e-UP! – Esimene elektriauto Saksamaalt, mida toodetakse alates 2013. aastast. Eestisse jõudis 2014. aastal. Näitajate ja omaduste poolest sarnane Mitsubishi i-MiEViga, kuid kuna tegu on Volkswageniga, siis oli huvilisi rohkem. Eestisse müüdi üsna kiiresti 40 autot ja selle juurde on see praegu jäänud.
- Fiat e500 – Fiat 500 on populaarne linnaauto ja sellest on mitu tootjat teinud elektriversioone (Fiat ise, Micro-Vett, Karabag). Eestis on arvel 2 autot, üks väljalaskeaastaga 2012 (17 kW võimsusega) ja teine 2014 (83 kW võimsusega). teise näitajad viitavad Mehhikos toodetud ning ainult Californias ja Oregonis müüdnud Fiat-i enda 500e-le, kuid seda ametlikult Euroopas ei müüdnud. Elektriajamiga Fiat 500 on tootnud ka Micro-Vett, nagu Fiorinotki, aastail 2009-2013, kuid see peaks olema sama tehnikaga kui Fiorino, seega 30 kW mootoriga. 17 kw mootoriga versioon on hetkel isegi auto24-keskkonnas müügil. Hind on 9000€ ja läbisõit 7788 km. Seal on kirjas, et tegu on Karabagi ümberehitusega. Karabag on Saksamaa perefirma, mille üks osa tegeles elektrisõidukitega aastail 2009-2013 ja müüdi seejärel ära ja tegutses mõnda aega nime all ReeVOLT!

pakkudes uunikumide elektriajamile ümberehituskomplekte. Praeguseks firma kohta enam infot ei leia ja kodulehte samuti ei ole.

- Kia Soul – Tootmist alustati aastal 2014 ja meile jõudsid esimesed 2015. aastal.
- VW e-Golf – Tootmist alustati aastal 2014 ja meile jõudsid esimesed 2015. aastal. Esimene Volkswageni elekriautoks projekteeritud sõiduk peaks teedele jõudma 2020. aastal.
- Nissan Leaf 30 kWh – Kergelt moderniseeritud ja võimsama akuga esimese põlvkonna Leaf. Jõudis Eestisse 2016. aastal.
- Easymile EZ10 – See on EU eesistumise ajal tallinnas ringi liikunud isesõitev bussike. Tootja poolega tegeles Ligier. Kaks bussikest on siiani Eestis arvel.
- Hyundai Ioniq – Toodetakse alates ja jõudis meile 2017. aastal. Sama auto on saadaval ka hübriidajamiga.
- Nissan Leaf 40 kWh – Maailma enimmüüdud elektriauto uus 2018. aasta mudel. 2018. sügisel lubatakse 60 kWh akuga versiooni, mille sõiduulatus peaks ka päriselus üle 200 km olema.

Lisas 2 on välja toodud meil registreeritud elektriautode olulisemad tehnilised andmed.

2.5. Elektriautode levikut takistavad tegurid

ELMO programmi algusajal olid Eestis erakordselt suured toetused auto ostmiseks, kuid ei olnud autosid, mida osta. Mitsubishi i-MiEV ei olnud kuigi populaarne ja Nissan Leaf tuli müügile alles siis kui esimene toetuse andmise projekt lõppema pidi. Projekt oli siiski kasulik inimestele elektromobiilsuse tutvustamiseks. Kui tänapäeval tekiks sarnane ostumotivaator, oleks huvilisi oluliselt rohkem. Vaatlen nüüd levinud arvamusi ja põhjuseid, miks inimesed elektriautole tavalist autot eelistavad.

Ilmekalt näitavad elektriautode müüginumbrid seda, et suurim takistus on sõiduki hind. Kui ostutoetuse ajal müüdi 2,5 aastaga 657 pistikust laetavat sõidukit, siis peale selle lõppemist ainult umbes 150, millest märgatav osa on elektritaksod.

Teine takistus on väike sõiduulatus. Pigem küll on probleem inimeste mõttemaailmas, sest tegelikult on neid inimesi vähe, kes autoga päeval üle 100 km sõitma peavad. See vajab aega ja harjumist ja eks akud lähevad ka ajaga paremaks ja soodsamaks. Need elektriauto kasutajad, kellega ma nende kasutuse koha pealt suhtlesin, mõtlesid oma vajadused eelnevalt läbi ja saavad oma sõidud igapäevaselt muretult tehtud ja päris mitmel on elektriauto ainukeseks sõidukiks.

Järgmine murepunkt on igapäevase laadimise infrastruktuur. Elektriautot tuleb laadida sisuliselt ikkagi kas öösel kodus või päeval töökohas. Suurem osa inimesi elavad meil korterites ja kortermaja juurde laadimispunkti loomine on suhteliselt keeruline ja lisaks seotud ka vandalismiohuga. Ei ole palju kuulda ka kontorihoonetest, mis laadimist võimaldaksid ja uute kortermajade turul ei ole seis parem. Põhimõtteliselt saaks laadida ka poes käimise ajal poe parkla laadijas, aga siin võib juhtuda, et laadijad on juba kasutusel. Laadimise koha pealt juhtus Eesti jaoks ka see õnnetus, et meie ehitasime oma laadimisvõrgu kõige paremal 2011. aasta tasemel alalisvoolule, kuid 2013. aastal leppisid Saksamaa autotootjad kokku oma laadimisstandardis vahelduvvoolu baasil. See tähendab, et Saksamaa elektriautosid meie praegustes kiirlaadijates laadida ei saa. Mõni elektriauto kasutaja on ka kurnud, et tema liikumisaegadel on kiirlaadijad mõnikord elektritaksode poolt hõivatud, sest neid on Tartus palju.

Talvel on elektriautos külm, kui tahta kaugele sõita. Elektriajami efektiivsuse tõttu ei jää tõesti „tasuta” soojust üle. Iga kraadi eest tuleb maksta läbisõiduga. Sisepõlemismootoriga autol jääb aga palju soojust üle ja me oleme harjunud, et peale soojuse tellimist me selle ka auto käest saame ja see, et sisepõlemismootoriga auto talvel ühe või mitu liitrit rohkem 100 km kohta võtab, ei ole probleemiks. Selle probleemi lahendamiseks on peale esimesi autosid külmas kliimas hakatud elektriautodele pakkuma soojuspumpa, mis palju efektiivsemalt töötab kui otsene elektriküte. Samuti tekkis üsna kiiresti võimalus auto enne sõidu alustamist sobivale temperatuurile eelsoojendada või -jahutada. Temperatuuri hoidmine autos sõidu ajal võtab oluliselt vähem energiat kui auto üles soojendamine. Tuleviks võiks probleemi lahendada akude areng ja vast õpitakse ka ära kasutama akudest eralduvat soojust.

Üks vähemainitud punkt on Elektriauto kindlustuse hind. Kui kohustusliku liiklus-kindlustuse puhul erist hinnavahet ei ole, siis kaskokindlustuse hinnavahe on märgatav. Kasutasin ERGO kindlustuse iseteeninduse kalkulaatorit ja liikluskindlustuse hind 80 kW Nissan Leafil 85 € ja 77 kW Škoda Octavial 80 € aastas. Kaskokindlustus tuli aga Leafil 590 € ja Octavial 361 €.

Algselt tekitas suurt skeptilisust eeldatav akude eluiga. Ma väga loodan, et tänapäevaks on kõik asja vastu huvi tundvad inimesed aru saanud, et aku eluea pärast ei ole vaja muretseda ja elektriautot ei ole vaja maha kanda peale 5 aasta möödumist. Ka on elektriautode tootjad hakanud 8. või 10. aasta pikkust garantiid andma oma autode akudele. Nissan Leafi aku vahetuse hind on praeguseks samas suurusjärgus mõne teatud saksa tootja sisepõlemismootori või käigukasti kapitaalremondi hinnaga. Suure läbisõidu korral aku mahtuvus tõesti langeb kuni 80%-ni, kuid sealt allapoole see praeguste kogemuste järgi enam nii kiiresti ei lange. Samas on mitu igapäevaselt elektriautot kasutavat inimest on mulle väitnud, et nende 4-aastase kasutuse juures, kui neil on läbisõit 50000-100000 kandis, ei olegi aku mahutavus märgatavalt langenud. Tõenäoliselt tekib aga ka kasutatud akudele järelturg, sest kuigi nad ei hoia enam piisavalt palju energiat elektriauto mõistlikule kaugusele viimiseks, saab neid kasutada näiteks päikesepaneelide poolt salvestatud energia hoiustamiseks öiseks kasutamiseks või elektrienergia tarbimise-tootmise ühtlustamiseks.

Osaliselt õigustatud on hirm akude ja elektri ohutuse koha pealt. Kui elektriga ollakse veel harjunud, siis suuremat hirmu valmistab tuleoht. Probleem on siin selles, et tehnoloogia on uus ja ei kasutajad ega tuletõrjujad ei oska veel suurte tihedate akude põlengutega toime tulla. Eeldatavasti laheneb see probleem ajaga inimeste harimise teel. Bensiniautod põlevad ja plahvatavad avarii tagajärjel igapäevaselt ja sellest ei tehta uudist. Kui aga mõni Tesla maha põleb, tehakse sellest ülemaailmne uudis. Tesla akudega siiski see aspekt on, et nende tehnoloogia on ohtlikum, kuid ka energiatihedam kui Nissan Leafi või Mitsubishi i-MiEVi oma. Kahjustuse tõttu tekkinud lühise korral võib aku kuumenema hakata ja kui midagi selle vastu ette ei võeta, siis süttida. Ohtlik on seejuures see, et see võib juhtuda ka paar nädalat peale kahjustumist. Sisepõlemismootoriga auto seevastu süttib vastavate kahjustuste olemasolul kohe. Laadimisinfrastruktuur peab olema sobivalt dimensioneeritud

ja olema korras ning kaitseseadmetega varustatud. Sama kehtib ka vedelkütuse tankimise kohta, kuid jällegi me oleme seda juba ligi 100 aastat teinud ja sellega ära harjunud, kuigi leidub maailmas ka arenenud riikides piirkondi, kus autokasutajal on keelatud ise enda autot tankida, sest juhtub, et nad ei saa sellega hakkama.

Kokkuvõtteks julgen arvata, et need probleemid ei ole väga tõsised ja enamusega neist saab hakkama kui nendega arvestada ja ülejäänud lahenevad tehnoloogia arenemise või inimeste koolitamise tulemusena. Tegelikult on ju ka sisepõlemismootoriga autodel palju negatiivseid külgi, kuid me oleme nendega lihtsalt harjunud.

2.6. Elektriautode müüginumbrid ja ostutoetused mujal maailmas

2015. aastal müüdi umbes 550 000 ja 2016. aastal umbes 750 000 laetavat sõidukit. 40% nendest müüdi Hiinas, 20% USA-s ja ülejäänud mujal. Kõige suurem osakaal 2015. a müüdud autodest on Põhja-Euroopas, Norras 29 %, Hollandis 6,4 % ja Rootsis 3,4 %. Hiinas on lisaks autodele veel hinnanguliselt 200 miljonit elektrilist kahe rattalist, 3-4 miljonit pisiautot ja ~300 000 elektribussi. 2017. aastal oli Norras laetavate sõidukite osakaal uutest müüdud sõidukitest juba 39 %. USA turul 2018. aprilli tulemustes juhivad tabelit Teslad (Model 3, Model S, Model X) ja Chevrolet Bolt. Neist jäävad maha Nissan Leaf ja BMW i3 [52].

Praeguseks on maailma populaarseimad elektriautod Nissan Leaf, mida on müüdud üle 300 000, ja Tesla Model S, mida on müüdud 2017. aasta lõpu seisuga üle 212 900. Need on ka praegu toodetavatest elektriautodest kõige kauem turul olnud, kui välja arvata Mitsubishi i-MiEV, mis väljaspool Aasiat eriti kaubaks ei lähe [53], [54]. Olulisemad turud elektriautodele on Hiina, USA (eriti California), Norra, Jaapan, Prantsusmaa, Saksamaa ja Holland.

Otsesed ostutoetused mujal maailmas on tagasihoidlikumad kui meil omal ajal olid, kuid mujal on elatustase ka palju kõrgem. Teistes riikides on loodud soodustuste süsteem maksude kaudu. Enne elektriautode tulekut olid paljudes riikides autod erineval moel maksustatud (automaks, teemaks, keskkonnamaks, kütuseaktsiis jne), nüüd piisab elektri-

autode maksudest vabastamisest, et muuta need kas atraktiivseks või, nagu Norras, isegi kõige odavamaks sõiduvahendiks nii ostmisel kui pidamisel [55]. Saksamaal näiteks pole automaksu 10 aastat alates pistikust laetava auto registreerimisest. 2018. aastal on mõnedes riikides jõudnud seadusandlus nii kaugele, et linnad võivad hakata piirama kesklinna või mõnda teise piirkonda sissesõitmist esialgu diiselsõidukitega ja pärast ka igasuguse sise põlemismootoriga sõidukiga. Mõned sellise keeluga linnad on juba praegu näiteks Alpides, seal küll ajalooliste hoonete ja puhta õhu säilitamise eesmärgil.

2.6.1. Olukord naaberriikides

Lätis toimub laadijate paigaldus praegu ja 2018. aasta suveks on plaanis paika saada 70 kiirlaadijat maanteede ääres. Lätti tulevad laadijad hakkavad võimaldama laadimist nii CHAdeMO kui Combo2 ühendusega [56]. Joonis 11 näitab 2015. aastal uuringute põhjal välja pakutud laadijate asukohti, mis võtsid arvesse registreeritud elektrisõidukite asukohad ja liikumistrajektorid. Sinisega on märgitud projekti esimeses faasis ehitatavad laadimispunktid ja kollasega teises faasis ehitatavad laadimispunktid [57].



Joonis 11. Läti laadimisvõrgu kavand 2015. aastal [57].

Soomes on ajalooliselt olemas korralik võrk 230V pesasid talviseks mootorite eelsoojendamiseks, mida saab elektriauto aeglaseks laadimiseks kasutada. Kiirlaadijate kohta infot ei ole ja 2016. aastal oli seal natuke vähem registreeritud elektriautosid kui

Eestis. Soome on eriline koht selle poolest, et seal toodeti aastail 2011-2012 2450 Fisker Karma hübriidautot. Fisker läks 2013. aastal pankrotti ja samas kaotas üle 330 auto orkaan Sandy tulvavetes ning veel 16 läksid üleujutuse järel põlema. Ühe Fiskers Karma müügihind oli minimaalselt 100 000 \$. [58]

2.6.2. Laadimisinfrastruktuur Euroopas ja maailmas

Muu maailm alustas laadimisvõrkude ehitamist natuke hiljem kui Eesti ja areng käib nii kiiresti, et kokkuvõtet on raske teha. Paremini varustatud on need riigid, kus elektriautosid rohkem müüakse. Laadimisvõrk ja müügivõimsus käivad käsikäes, kõigepealt võrk ja seejärel suurem hulk autosid. Saksamaal on loodud veebikeskkond, kus inimesed saavad andmebaasi lisada olemasolevate tanklate asukohti üle Euroopa. Selle andmetel on Saksamaal 29.05.2018 seisuga 11905 laadimisjaama ja 34530 laadimispunkti [59], kuid nende hulgas on nii tavalised seinapesad kui kiirlaadijad. Jaapanis oli 2015. aasta novembriks umbes 40000 laadimispunkti, millest 15000 olid avalikud ja 5500 CHAdeMO kiirlaadijat [60].

Kuna elektriautod on praegu pigem kohaliku tähtsusega sõidukid, siis huvitab kasutajaid pigem see, kui palju on laadimispunkte tema liikumistrajektooridel ja see muutub praegu kiiresti. Mõneks ajaks hakkab segadust tekitama ka see, et elektri tankimise võimalusi pakuvad paljud erinevad teenusepakkujad ja nende vahel valiku tegemine on keeruline ning on vaja orienteeruda paljudes kliendikeskkondades ja maksesüsteemides. Huvitaval kombel ei tulnud traditsioonilised vedelkütusetanklad selle trendiga aegsasti kaasa.

Ajakirjanikud on teinud katsetusi, kas elektriautoga saab ka kaugele sõita. Sai küll, aga oli tülikas. Sellest saab lugeda näiteks Inseneeria 2018. aasta aprilli väljaandest. [61]

2.7. 2015 - Enamik tootjaid mõtlevad elektriautodele

Peale Jaapani autotootjate ja Tesla turuletulekut ning nende mõnede jaoks ootamatut müügiedu on peaaegu kõik autotootjad hakanud oma elektriautosid arendama, või kuna

arendustegevus on kallis ja ajakulukas, siis on hakatud oma auto tee saamise nimel konkurentidega koostööd tegema. Olles jälginud vastavaid uudiseid tundub, et hea tahtmise korral saab elektriauto müügile 2-3 aastaga. Suurima tõuke andis Volkswageni varasemast tegevusest 2015. aastal alguse saanud nn. „diisliskandaal”. Praeguse seisuga lubavad mitmed autotootjad diiselaute müügi ära lõpetada (näiteks Toyota Baltikumis aastal 2018) või 2020. aastaks üldse sise põlemismootoritega autode tootmise ära lõpetada (Volvo). Suhteliselt kiiresti said kõik tootjad turule hübriidajami või pistikhübriidiga, kuid akutoitel autodega oodatakse. Arvatavasti kardetakse, et ei suudeta toota sellist autot, mis end ära tasuks ja lubatakse Tesla klassi näitajate ja luksusklassi hinnaga sõidukit aastaks 2020. Nii nagu asjad aga praegu paistavad, on Tesla selleks ajaks juba pool miljonit sellist autot teedele saatnud ja on valmis järgmise sammu edasi astuma.

2.7.1. Saksamaal toodetud elektriautode algus

Nissan Leafi ja Tesla jätkuv edu ehmatas sakslased ära. Kiiresti pandi elektrimootor peale kõigepealt VW UPile ja siis VW Golfile ning lubati täiselektrilisi mudeleid aastaks 2020. BMW alustas arendustööga veidi varem ja julgemalt ning sai esimesena valmis elektri-autoks projekteeritud mudeli i3, mis oma ekstravagantse disaini tõttu on ainult keskmiselt populaarseks saanud.

Euroopas on alternatiivseid energiaallikaid peale sundimas Euroopa Liit, mis käsib kasvuhoonegaaside tootmist märgatavalt vähendada. Volkswagen hakkas akutoitel elektri-autodest tõsisemalt rääkima peale seda kui diisliskandaali esimene laine oli kergelt vaibuma hakanud. 2017. aastal hakkasid diiselaute müüginumbrid aga nii tugevasti langema, et mõned teised tootjad on hakanud mõtlema nii diiselmootorist kui sise põlemismootorist loobumisest. Alternatiivina proovitakse toota, müüa ja valitsuste poolt toetada (sealhulgas Eestis ja Soomes) surugaasautosid, kuid inimesed ei taha neid eriti osta, muuhulgas selle tõttu, et on olnud mitmeid juhtumeid, kus surugaasimahutid on tankimise ajal plahvatanud. Põhjuseks teeninduste poolt hooldamata ja rooste läinud gaasimahutid. Kõige rohkem on sedalaadi probleeme olnud Volkswagenil.

2.7.2. Uued tootjad

Elektrijamistüsteemi lihtsust näitab see, kui palju on tekkinud uusi firmasid, mis aastaks 2020 oma 400 km läbisõiduga autot lubavad. Probleem on muidugi selles, et alustavatel firmadel ei ole raha ideede ellu viimiseks. Omaette koht on Hiina, kus turg on praegu suurem kui kogu ülejäänud maailm kokku ja motivatsioon linnade heitgaasidest puhastamiseks on samuti ülisuur. Elektriautode ostmiseks ja tootmiseks on märgatavad toetused ja tootjaid on palju. Kuna hiinlaste vajadused autodele on kohati teistsugused ja nõudmised madalamad, siis tootjaid on palju, ostjaid on palju ja tehnoloogia areneb kiiresti. Euroopa autotootjad ei tohi oma arendamises järgi anda, sest Hiinas on juba mitu miljonit elektriautot teedel. Kui nüüd veel kvaliteet viia Euroopa ja USA standarditele vastavaks, siis läheb konkurents vana maailma tootjatel väga tihedaks. Tuntumatest nimedest hakatakse Hiinas tootma ja ka varsti ka Euroopasse importima Saabe ja tagasi tuleb ajalooline saksa autobränd Borgward.

Hiinas on juba mitmed linnad viidud osaliselt või täielikult elektribusside ja elektritaksode peale üle. Hiina kasuks räägib ka see, et nemad on peamised liitiumi ja molübdeeni tootjad maailmas, millest üks on tänapäeval akudes ja teine elektrimootorite püsimagnetites asendamatud. [62]

Eestis on oma firma, ZEV (<http://www.zevmotors.com/>), mis on teinud mõned elektriautode ümberehitused ja plaanib oma superautot. Paraku on selliseid firmasid igas riigis, ka Lätis. Kes neist edu saavutab, määravad tänapäevases Start-Upide ja ühisrahastuse maailmas suures osas õnn ja juhus.

2.8. Masstootmises olevad autod

Suurem osa müügis olevaid autosid said juba ära märgitud Eestis müüdavate autode all. Lisaks neile on veel mõned, mida Eestis ei müüda, aga mis on populaarsed mujal maailmas. Antud juhul jätame välja Hiina turu, seniks kuni sealseid autosid Euroopas arvele võtta ei lubata.

USA-s peale Tesla kõige levinum ja meile kõige oodatum on ilmselt Chevrolet Bolt EV, Euroopas nimega Opel Ampera-e. Saksamaal on see müügil hinnaga umbes 48000 €. Tehnilise poole pealt on see samasugune nagu teised elektriautod, aga 60 kWh akuga, mis lubab umbes 383 km läbisõitu. USA-s on juba 2011. aastast müüdud ja toodetud ka elektrilist Ford Focusi, kuid seegi pole Euroopasse jõudnud. Viimase põlvkonna Smart EQ on saadaval ka Euroopas ja tavaostjatele. Saadaval on nii 2- kui 4-kohaline variant, hinnaga alates 22000 €.

Sellega 2018. aasta suve alguse seis piirdubki. Elektromobiilsuse koha pealt võiks põnevaks minna umbes kahe aasta pärast, kui jõuab kätte see aeg, kui väga paljud tootjad on lubanud oma elektrisõidukid tänavale tuua ja kahe aastaga jõuab ka laadimisvõrk areneda.

2.9. Akutehnoloogiate areng 2012-2018

Esimesed masstoodetud elektriautod olid kõik liitium-ioon tehnoloogial põhinevate akudega, mille mahtuvus oli 16 kWh (i-MiEV) ja 24 kWh (Leaf). Esimeste Tesla Model S-ide olid akumahtuvused olid 40 kWh ja 60 kWh, ning need on selle ajaga tõusnud kuni 100 kWh-ni. Nissan kasutab lihtsamaid li-ioon akusid, LiMn_2O_4 katoodi ja LiNiO_2 anoodiga, Model S-il kasutab Tesla üle 7000 18650-formaadis Co-Al katoodidega Li-Ioon pulgast koosnevat akut. Nissan Leafi aku uuendati 2016. aastal 30 kWh peale, uuel mudelil 2018. aastal on 40 kWh aku ja sügiseks lubatakse 60 kWh akut. Tesla akud olid suurema energiatihedusega, kuid samas tuleohtlikumad. Tõusnud on energiatihedus, tehnoloogia sisuliselt eriti muutunud ei ole. Kõige suurem muutus on ilmselt olnud see, et Tesla loobus viimase mudeli, Model 3 puhul hästiteeninud 18650 pulgast. Uued Korea elektriautod, Kia Soul ja Hyundai Ioniq kasutavad Liitium-Polümeer-akusid [63], [64]. Lisas 3 on pildid enamlevinud elektriautode akuelementidest. Tsink-õhk akudega ei ole veel sõidukites kasutamise alal edasiminekut toimunud.

Juba mõnda aega räägitakse induktiivsest laadimisest, mis peaks elu elektrisõidukiga tegema väga mugavaks. Praegu, 2018. aastal saab induktiivselt laadida nutitelefone,

autodega tehakse katsetusi. Erinevate autotootjate lubaduste seas 2020. aastaks on ka induktiivlaadimine seeriatootmise autode.

2.10. Ajamitehnoloogiate areng 2012-2018

Enamustes elektriautodes veab sõidukit edasi püsिमagnetiga sünkroonmootor, kuid esimesed Teslad kasutasid vahelduvvoolu asünkroonmootorit, mis arendas oluliselt kõrgemaid pöördeid (18000 Teslal võrreldes 9000-11000 teistel). Tesla Model 3 puhul pöördus ka Tesla sünkroonmootori poole nagu kõik teised. Vaadeldava ajavahemiku jooksul ei ole siin eriti midagi muutunud.

2.11. Hübriidajamiga sõidukid 2012-2018

Maailma kuulsaim hübriidauto on Toyota Prius. Toyota on tootnud selle tehnoloogia baasil juba üle 10 miljoni auto. Euroopas on hübriidautode levik jäänud pigem tagasihoidlikuks, kuid plahvatuslik mudelite arvu suurenemine algas just vaadeldaval ajavahemikul, kui EL hakkas nõudma tootja autopargi keskmise CO₂ väljaheite alandamist ja NEFZ-mõõdetükkel võimaldas seda teha autole mõningase elektrivõimekuse või pistikust laetavuse (*Plug-In Hybrid*) lisamisega. Reaalne efektiivsus ei olnud eriti oluline, sest seda ei mõõdetud. Bosch on välja töötanud mootori ja käigukasti vahele käiva hooratta moodi hübriidajami, mis toetab auto kiirendamist ja peale selle on leiutatud erinevaid suhteliselt nõrku elektrilisi mootoreid-generaatoreid, mis toetavad sisepõlemismootori tööd umbes 5-15 kW lisamisega. See on praeguseks kõige odavam viis autole „*hybrid*”-silti külge saada.

Kui akutoitel elektriautodes kasutatakse ainult li-ioon akusid, siis hübriidsõiduki akud on kõik vanemal Ni-MH tehnoloogial.

Parim hübriidauto kannab endiselt Toyota (või Lexuse) märki ja seda tõestab ka see, et Toyota Priused on väga laialdaselt levinud taksodena ja probleeme nendega ei esine. 2017. aasta uue põlvkonna Priusega jõuti esmakordselt sinnamaale, et hübriidautole saab panna haakekonksu.

2.12. Muud äramärkimist väärivad arengud antud teemal 2012-2018

Üks probleem, mille pärast enne elektriautode levikut väga häälekalt muretseda ei osatud, on tuleoht. Autod läbisid ettenähtud avariitestid väga hästi, kuid päriselus on tulnud ette autode avariijärgseid süttimisi. Tuleb tõdeda, et sageli on tegu olnud väga tõsiste avariidega, milliste puhul ka tavalise auto süttimine ei oleks ebatavaline, kuid asja halvem pool on see, et vigastatud aku, eriti Tesla poolt kasutatav LiCoIon võib vigastuse järel kuumenema hakata ja lõpuks mitu nädalat peale õnnetust süttida. Kuna elektriautod on uued ja akud töötavad pingel 300-400 V, siis ei julge ka tuletõrjujad ilma erikoolitusega üldiselt põlengusse sekkuda. See viimane on probleem, mis tuleb meil elektriautode levides kindlasti ära lahendada.

Tegelikult juhtub ju bensiiniga ka õnnetusi, kuid me oleme sellega juba sünnist saati kokku puutunud ja see ei ole midagi erilist, sellest ei tehta ülemaailmset uudist, kui mõni bensiiniauto põlema läheb.

Elektriajamid ja akud levivad ka teistesse transpordivahenditesse: Norras hakkasid märtsis 2018 liikuma esimesed kaks täiselektrilist praami [65] ja hübriidpraamid on Skandinaavias käigus juba alates 2015. aastast [66]. Hiinas sõidavad ringi juba üle 300 000 elektribussi, aga mujal maailmas on neid ainult mõnedes väikelinnades nende võimalikkuse testimise eesmärgil. Õhukvaliteedi parandamisel võiks aga ollagi esimesel kohal elektriline ühistransport.

Vormel E – 2011 hakati mõtlema elektrivormelisarja peale ja 2014. aastal alustas esimene hooaeg. Esimesel hooajal olid kõigil ühesugused autod, kuid edaspidi hakkasid meeskonnad juba ise endale sõidukeid koostama. Võistlussari üritab olla F1-ga sama taseme võistlus ja näeb enda populariseerimise nimel vaeva. Sõitjate nimekirjas on näha mitmete endiste F1 sõitajate nimesid. Süsteem on mõnevõrra teistsugune kui F1-s ja seda üritatakse huvitamaks teha.

3. KOKKUHOIUVÕIMALUS LAADIMISELT

3.1. Laadimine päikeselt

Tänapäevaste liitium-ioon akudega elektriautode kasutamine on mõeldud selliselt, et auto laetakse enamasti aeglase laadijaga täis ja siis sõidetakse nii kaua, kuni on vaja uuesti laadida. Akude eluea koha pealt on kasulik kasutada just aeglast laadimist, sest suure vooluga kiirlaadimise korral koguneb aku elementide katoodidele oksiidikiht ja mida paksemaks see muutub, seda aeglasemalt annab aku energiat välja ning aku mahtuvus väheneb.

Enamasti laetakse autosid öösel kodus, kui parajasti on ka võrgust ostetav elektrienergia soodsam kui päeval. Seda tasuks mõne automaatikaplokiga reguleerida, et kindlustada odavaimal ajal laadimine. Avatud energiaturu olukorras tasuks ka elektrimüüjaga läbi rääkida, sest suurema tarbimise juures on võimalik saada paremaid marginaale.

Kuna akude mahtuvused on tänapäeval veel suhteliselt väikesed ja laadida tuleb eeldatavasti igal öösel, siis on elektriauto pidamine korterelamus elavale inimesele raskendatud. Üllataval kombel ei mõelda ka praegu ehitatavate kortermajade juures elektriautode laadimisele ning isegi valmidust selleks ei looda, kuigi see tähendaks vaid lisakaitsme taha paari kaabli paigaldamist. Sellegi poolest on inimesi, kes elavad korteris ja sõidavad elektriautoga, ning on tekitanud endale laadimisvõimaluse töökohas, kus viibitakse suur osa päevast.

Järgnevalt vaatlen seda, kas oleks mõistlik paigaldada päikesepaneelid päeval elektriauto laadimiseks ning kui palju nende paigaldamise kasulikkus on võrreldes 2012. aastaga muutunud.

3.2. Päikeseenergia-laadimisjaama arvutus

Kõigepealt on vaja otsustada, millist sõidukit ja kui palju soovime päikeselt laadida. Kuna ülesanne on näitlik, siis valin Eestis enamlevinud erakätes oleva elektriauto – esimese põlvkonna Nissan Leafi, mille aku mahtuvus on 24 kWh ning arvestame, et tööpäevaga

võiks kaks sellist autot vähemalt kolmandiku võrra laetust juurde saada. Aastaajaks valime suve, sest talvel on vajaliku energiakoguse kokku saamine ebatõenäoline.

Vajaliku energiakoguse arvutamiseks arvestame kõigepealt sellega, et Nissan Leafi 24 kWh aku laadimise kasutegur $\eta_a = 84\%$ ja aku mahtuvusest on kasutatav umbes $E_a = 21,3$ kWh – ülejäänud on reserveeritud aku liigse tühjenemise ja täitumise vältimiseks [67].

Laadimisjaamalt oodatava energia arvutan valemiga:

$$E_l = \frac{E_a \cdot \frac{1}{3}}{\eta_a} \cdot 2, \quad (3.1)$$

kus: E_l – laadimisjaama energia kWh;

E_a – energia auto akus kWh;

η_a – auto laadimise kasutegur.

Valem on ise koostatud. Kõigepealt võetakse kolmandik auto aku mahtuvusest ja jagatakse see auto sisseehitatud laadija kasuteguriga, et saada auto poolt tarbitav energia. Seejärel korrutatakse kahega, arvestades kahte autot. Arvutus:

$$E_l = \frac{21,3 \cdot \frac{1}{3}}{0,84} \cdot 2 = 16,90 \text{ kWh.}$$

See on energia, mis tuleb kahe auto laadimistaseme kolmandiku võrra tõstmiseks autodele anda. Päikeseenergia-laadimisjaama lülides on samuti kaod, umbes 13 % [68], [69], seega kasutegur $\eta_l = 77\%$. Päikesepaneelidelt tuleb laadimisaja jooksul saada:

$$E_p = \frac{E_l}{\eta_l}, \quad (3.2)$$

$$E_p = \frac{16,9}{0,77} = 21,95 \text{ kWh}$$

Edasiseks arvutuseks kasutan Euroopa Komisjoni päikeseenergia geograafilise informatsiooni süsteemi PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*). See arvestab valitud asukohta ja paneelide tüüpi ning aitab määrata vajalikku päikeseelektrijaama võimsust ja hinnata tootlikkust kuude kaupa. Märkideks asukohaks Tartu ja sisestades eeldatavad andmed, saan katsetada päikesepaneelide võimsusega ning kontrollida, millise võimsusega süsteem vajaduse ära katab. Eelnenud valemis 3.2 tehtud

arvutus on PVGIS-süsteemis juba sisse arvestatud. Tabel 3 näitab PVGIS arvutustulemusi 7 ja 5 kW päikesejaama jaoks. Joonised 12 ja 13 näitavad graafiliselt 7 ja 5 kW päikesejaama tootlikust kuude kaupa.

Tabel 3. PVGIS väljundtabelid 7kW ja 5kW päikesejaama kohta.

Fixed system: inclination = 37°, orientation = -1°									
Installed peak PV power = 7 kWp					Installed peak PV power = 5 kWp				
Month	E _d	E _m	H _d	H _m	Month	E _d	E _m	H _d	H _m
Jan	3,77	117	0,60	18,7	Jan	2,69	83,4	0,60	18,7
Feb	8,28	232	1,35	37,8	Feb	5,91	166	1,35	37,8
Mar	18,00	558	3,07	95,3	Mar	12,90	399	3,07	95,3
Apr	26,40	792	4,74	142	Apr	18,90	566	4,74	142
May	28,90	896	5,44	169	May	20,70	640	5,44	169
Jun	28,00	841	5,38	161	Jun	20,00	601	5,38	161
Jul	26,80	832	5,25	163	Jul	19,20	594	5,25	163
Aug	24,00	743	4,58	142	Aug	17,10	531	4,58	142
Sep	17,40	521	3,19	95,8	Sep	12,40	372	3,19	95,8
Oct	9,42	292	1,65	51,0	Oct	6,73	209	1,65	51,0
Nov	3,74	112	0,63	18,9	Nov	2,67	80,1	0,63	18,9
Dec	2,62	81,4	0,43	13,3	Dec	1,87	58,1	0,43	13,3
Yearly average	16,5	502	3,03	92,3	Yearly average	11,8	358	3,03	92,3
Total for year	6020		1110		Total for year	4300		1110	

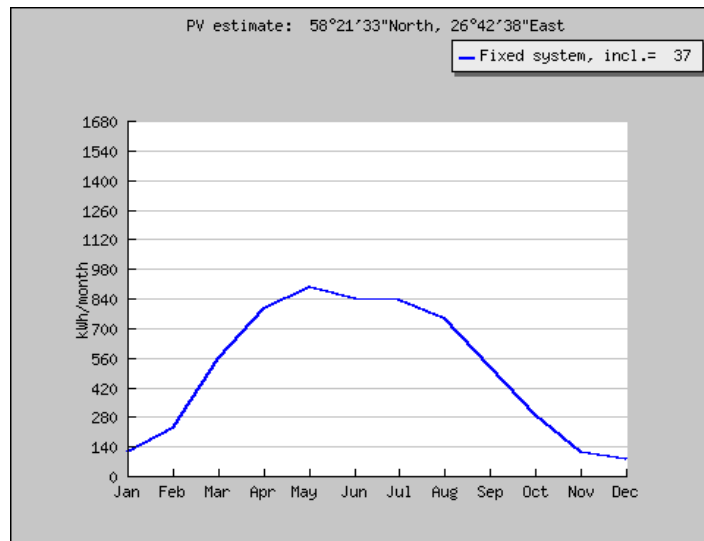
Selgitused kasutatud lühendite kohta:

E_d – keskmine energiatootmine päevas kWh;

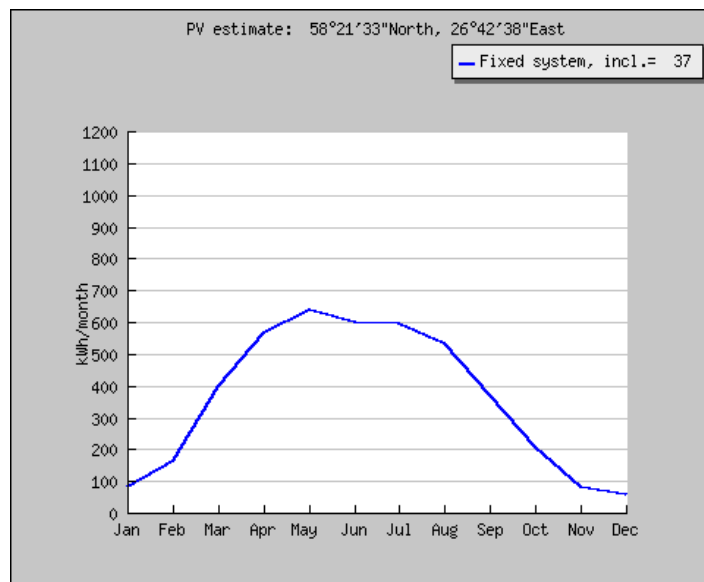
E_m – keskmine energiatootmine kuus kWh;

H_d – keskmine päikesekiirgus päevas paneeli ruutmeetri kohta kWh/m²;

H_m – keskmine päikesekiirgus kuus paneeli ruutmeetri kohta kWh/m².



Joonis 12. PVGIS tootlusgraafik 7kW päikesejaama kohta, kWh/kuus.



Joonis 13. PVGIS tootlusgraafik 5kW päikesejaama kohta, kWh/kuus.

Nagu tabelist 3 nähtub, piisab eesmärgi täitmiseks 5 kW päikesepaneelidest. Lisades paneele 7 kW-ni, saab suvekuudel rohkem elektrit võrku müüa või autosid rohkem laadida ja kevadel ja sügisel saab ühe kuu juurde, kui autod saaks puhta elektri pealt soovitud tasemeni ära laadida. Kuna paneelid toodavad rohkem energiat ning toodavad ka nädalavahetustel, kui tööl ei käida, siis tasuks kindlasti ülejääv energia võrku müüa.

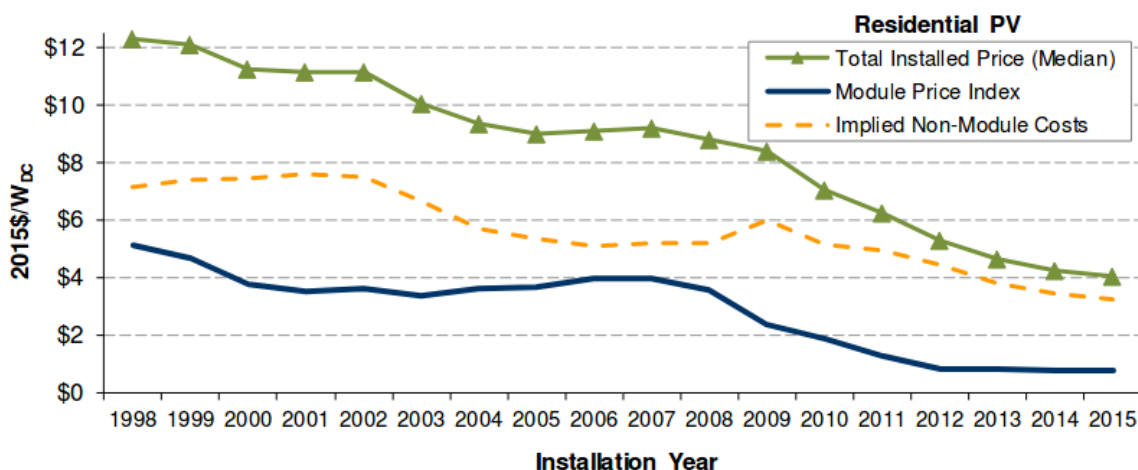
3.3. Hindade muutus 2012-2018

Valitud 5 kW ja 7 kW lahenduste jaoks leiab juhuslikult internetist valitud firma Energogen näidislahenduste hinnad, vastavalt 7320 € ja 9120 € [70]. Antud juhul on tegemist komplekti näidishindadega ja üksikute detailide hinnad ei ole välja toodud. Võrdlemiseks arutame välja hinnad kilovati kohta:

$$x = \frac{\text{hind}}{\text{võimsus}} \quad (3.3)$$

5 kW lahenduse hind on 1,464 ja 7 kW puhul 1,3 € / kW.

Võrdlusandmeteks leian 2015. aastast artikli 11 kW päikesejaama kohta, kus tuli hinnaks 1,3 € / kW [71]. Eelnevalt mainitud firma Energogen 11 kW lahenduse hind aastal 2018 on $12840/11000 = 1,17$ € / kW. 2013. aasta Maaülikooli Energiaklassi energiaauditis „Tööstusprotsesside energiaaudit Vireen AS näitel” on kasutatud universaalset hinda 1,4 € / kW [72]. Joonis 14 näitab päikeseenergia hinnalangust aastatel 1998-2015. Allikas: Berkeley Lab [73].



Joonis 14. Paigaldise hind, mooduli hinnaindeks ja muud kulud USAs 1998-2015. Allikas: Berkeley Lab, Tracking the Sun IX lk 18, [73].

Võrdlusandmetest ja Berkeley Lab'i aruandest lähtuvalt võib öelda, et suurem hinnalangus on möödas, kuid vähehaaval jätkub. See, mis 2013. aastal maksis 1,4 € / kW, maksab praegu 1,17 € / kW ning vähehaaval tõuseb ka päikesepaneelide tootlikkus. Kui 2012. aasta

paiku oli heade paneelide tootlikkus 13 % ümber, siis tänapäevaste paneelide tootlikkus on 16 % ümber.

3.4. Tasuvus

Kiire arvutuse jaoks valime eelneva 7 kW päikeseelektrijaama ja arvutame sealt saadava kWh hinna 10 aasta peale. Jaama ise pakutakse hinnaga 9120 €. PVGIS tabeli 3 järgi võiks ta toota umbes 6020 kWh aastas. 10 aasta omatoodetud kWh hinna saame valemiga:

$$h = \frac{\text{hind}}{\text{aastatoodang} \cdot \text{aastad}} \quad (3.4)$$

$$h = \frac{9120}{6020 \cdot 10} = 0,15 = 15 \text{ senti / kWh.}$$

Täna, 29.05.2018 pakub võrdluskeskkond elektrihind.ee elektripaketti, kus roheline energia kWh maksab 5,41 senti, seega selle kiire arvutuse järgi on omatoodetud elekter kolm korda kallim kui ostetav elekter ja praegu selline skeem end ära ei tasu.

Järgmisena arvutame välja, millise aja jooksul omatoodetud elektri hind jõuab 5 sendini. Selleni jõuame valemiga:

$$t = \frac{\text{hind}}{\text{elektrihind} \cdot \text{aastatoodang}} \quad (3.5)$$

$$t = \frac{9120}{0,05 \cdot 6020} = 30,3 \text{ aastat.}$$

See tasuvusaeg tundub reaalne sellise väikese elektrijaama jaoks, kuid see ei arvesta, et tõenäoliselt sisseostetava elektri hind tõuseb ajas, ega sellega, et me tahame osa elektrist tagasi müüa ja ise ära tarbida. Tasuvusaja leidmine, kui toimub nii omatarbimine, võrku tagasimüük kui hinnatõus, on üsna keeruline ja vajab head oma tarbimise ennustamist. Kui 2012. aastal ennustati tulevikuks elektrienergia hinnatõusu 5 % aastas, siis reaalselt on hinnatõus olnud väiksem. Võib eeldada, et tasuvusaja omatarbimisega umbes 15 aasta peale, seega tuleb hästi kaaluda, kas nii väike elektrijaam ikka antud eesmärgiks ära tasub.

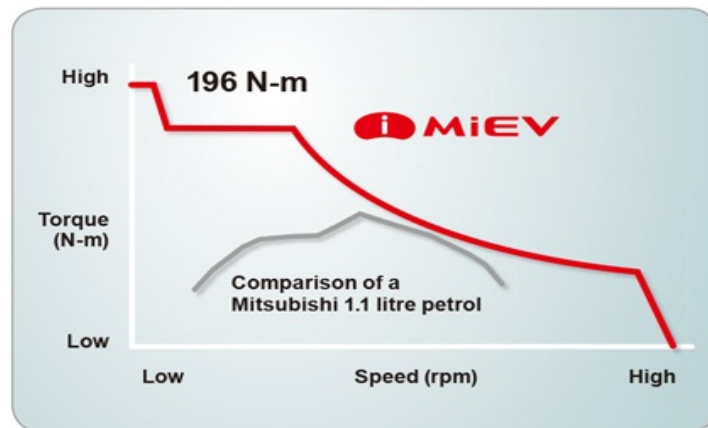
Olukord võiks olla huvitavam, kui isikliku päikeseelektrijaama hind tuleks alla 10 senti kWh ettenähtava ajavahemiku peale. Sel juhul peaks see jaam olema oluliselt suurem ja toitma ära näiteks kontorihoone.

4. KASUTAJATE KOGEMUSED

4.1. Tuttavate tutvavad, kes elektriautot omavad

Kuna minu töö eesmärk ei olnud küsitluse tegemine, siis piirdusin nelja tuttava elektriauto kasutaja käest arvamuse küsimisega. Minu üllatuseks on ka selliseid elektriauto omajaid, kellele see on ainus sõiduvahend. Kõigil oli elektriauto ost olnud kindlalt kaalutletud otsus arvestades oma plaanitavat läbisõitu. Kõik autod olid aastast 2014 ja 24 kWh akuga. Üks autodest oli plaanitud liikumiseks peamiselt Tartus ja selle lähiümbruses ja selle läbisõit oli 50000 km. Aku vastupidavuse langust selle 4 aastaga täheldatud ei ole midagi remontida pole vaja olnud peale ühe uksekõlari, mis kolisema hakkas ja garantii korras uuesti kinnitati. Teine auto oli samuti Tartu lähiümbrusest ja sellega tehakse linnasõite ja igapäevaseid töösõite, mis siiani jäävad täpselt sõiduulatus piiridesse. Selle auto läbisõit on praeguseks 145000 km ja peale korralise hoolduse ei ole midagi remontida vaja olnud. Aku mahtuvus on küll mõnevõrra vähenenud. Kolmas auto on ühest väiksemast linnast ja seda kasutatakse igapäevase sõiduvahendina nii töö- kui erasõitudeks ning parematel päevadel kuni 450 km päevas. Selle läbisõit on praeguseks 115000 km ja aku mahtuvusest on järgi 90-95 %. Selle auto omanik ostis auto kasutatuna ja sõidab ise rohkem kui eelmine omanik sõitis. Neljas auto sõidab ka Tartu ümber ja sellega tehakse ka pikemaid sõite üle Eesti ning selle läbisõit on praeguseks 71000 km. Kasutajad, kes autot rohkem kasutavad, on väga rahul ja plaanivad autoga edasi sõita ning ei ole väljavahetamise peale mõelnud. Väikseima läbisõiduga auto omanik on samuti autoga rahul, kuid peale liisingu lõppu plaanib selle tagastada ja järgmist elektriautot ilmselt ei osta. Peamine põhjus on selles, et pigem ei ole neile enam sellise suunitlusega linnaautot vaja. Kõik kinnitavad, et auto on väga hea, aga täishinnaga nad seda ei ostaks ega soovitaks, sest ilma ostusoodustusega on hind lihtsalt liiga kõrge. Positiivne Kredexi toetusprojekti juures oli ka see, et auto ostutoetust sai kasutada sissemaksuks ja seega sai auto kätte väga soodsate algkuludega (umbes 600 €), maksta jäi vaid kuumakse ja kindlustus. Kohustuslik liikluskindlustus on Nissan Leafil samas hinnaklassis kui sama aasta Škoda Octavia, kuid kaskokindlustus on umbes kaks korda kallim (ERGO iseteenindus, mai 2018).

Kui elektriautodega sõitjate käest küsida, kuidas sellega sõitmine neile mõjub, siis paljudele meeldib selle vaikne ja jõuline kiirendus. Arvnäitajad ei ole küll midagi erilist, aga tunnetus on teistsugune, sest suur pöördemoment on saadaval kohe auto liikumahakkamisest alates. Seda näitlikustab joonis 15, kus on Mitsubishi i-MiEV pöördemomendi graafik võrreldes sarnase suurusklassi bensiinimootoriga Jaapani väikeauto omaga [74].



Joonis 15. Elektriajami pöördemomendi võrdlus sisepõlemismootori omaga [74].

Elektriautoga harjunud inimene enam igapäevaste linnasõitude puhul läbisõidu peale ei mõtle ning ka pikkadel sõitudel on juba sobilikud laadimiskohad sisse harjunud. Üks juht, kes varem võttis möödasõite väga ettevaatlikult, ei karda enam möödasõite teha. On ka neid, kes on hakanud rahulikumalt ja ettenägelikumalt sõitma, et kaugemale jõuda. On hakatud ka tähele panema, et enda auto ei haise ja kõik teised autod haisevad heitgaaside tulemusena.

Negatiivse poole pealt toodi välja, et käidavates kohtades, näiteks kaubanduskeskuste juures, võiks tänapäeval juba rohkem laadimispunkte olla, kusjuures need ei pea üldse kiirlaadijad olema. Probleem on eriti aktuaalne Tartus, kus on palju elektritaksosid. Avalike laadimisjaamade puhul tuleb arvestada ka sellega, et mõnikord võivad need olla rivist väljas või hõivatud. Minu jaoks uudne mõte oli see, et tegelikult ei pea laadima öösel kodus, laadida saab ka päeval kontori juures parkides. See sobiks inimestele, kes elavad suures kortermajas.

Kokkuvõtteks saab öelda, et Eestis elektriauto hankinud inimesed on oma ostu väga hästi läbi kaalunud ja seega on autoga väga rahul. Kõik ei ole üldse keskkonnaentusiastid, on ka täiesti tavalisi inimesi, kes on aru saanud et linna vahel sõitmiseks piisab Nissan Leafist.

5. TÄNAPÄEVASED ENNUSTUSED TULEVIKUKS

5.1. Euroopa energeetika arengukava

Euroopa Liit on seadnud endale eesmärgiks vähendada aastaks 2020 kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähemalt 20 % võrreldes 1990. aastaga, saada 20 % kogu energiast taastuvatest allikatest ja tõsta energiatõhusust 20 %. 2030. aastaks on vastavad plaanitud numbrid 40 %, 27 % ja 27-30 % ning lisaks plaanitakse ühendada elektrivõrgud sel moel, et 15% toodetud elektrist saab tootmisriigist välja eksportida. 2050. aastaks soovitakse kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähendada 80-95 % võrreldes 1990. aastaga [75]. See ongi see, mille alusel Eesti sai endale piisavalt AAU-sid, et nende eest elektromobiilsust arendama hakata.

5.2. Lähituleviku arengusuunad

Selles, et lähemas tulevikus ajab rattaid ringi elektriajam, vist kahtlejad enam ei ole. Küsimus on pigem selles, kust tuleb see elekter, mis seda ajaminit toidab, kas akust või toodetakse see kütuseelemendist auto pardal.

Akude poolest loodetakse revolutsiooni tahke elektrolüüdiga akudest, mille eeliseks suurem energiatihedus ja väiksem kaal. Miinuseks on loomulikult praegusel hetkel ülikõrge hind. Teine võimalus on veel ülikondensaatorite (*supercapacitor*) areng, aga pigem seostatakse neid ajutise vahepuhvrina pidurdusenergia akusse edasi andmisel sellise kiirusega, millega aku kogu energia vastu suudab võtta.

Elektriajamid ise tunduvad pigem valmis olevat. Täpsema mootori töö juhtimisega annab efektiivsust mingis konkreetsetes tööolukorras veidi tõsta, aga see ei oma nii suurt mõju kui muud komponendid. Järgmine samm siit edasi võiks olla mehaanilisest hõõrdumisest tuleneva energiakao eemaldamine ja mootorite turvalise pöörlemiskiiruse suurendamine.

Maailmas hakkab üle jääma palju kasutatud ja elektriautode jaoks liiga väikese mahtuvusega akusid. Neile tuleb leida uus kasutus. Kui näiteks Nissan Leafi 24 kWh aku mahtuvusest lõpuks järgi alla 70 %, siis on sõiduulatus muutunud ebameeldivalt väikeseks, kuid koduse energiasalvestina päikesepaneelide energia salvestamiseks kehtaks see veel kaua. Et akusid hiljem paremini ära kasutada, tuleb neid paremini tundma õppida.

5.2.1. Kütuseelemendid

Elektrit toodetakse kütuseelemendis kütuse oksüdeerimisel vabaneva energia arvel. Kütuseks on üldiselt vesinik või metanool. Praegu on juba müügil vesinikkütusega sõitvad autod, kuid nende hind on umbes kaks korda kallim kui akutoitel elektriautol ja tanklate rajamine on keerulisem ning kuskilt tuleb ka tangitav vesinik osta. Euroopas tuntuim vesinikuauto on Toyota Mirai ja sisuliselt on see ainus masstootmises vesinikuauto. 2017. lõpu seisuga oli seda alates 2014. aastast müüdud 5300 tk [76]. USA-s on lisaks Hyundai ix35 FCEV ning Hondad FCX ja Clarity, kuid nende tootmisarvud on suurusjärgus 50-100. Praeguseks on suurem osa autotootjatest vesiniku-kütuseelemendi arendamisest loobunud ühelt poolt akude hinna languse ja teisalt tehnoloogia arenemise tõttu ning vesiniku-tanklate puudumise tõttu.

5.2.2. Range Extender

See on üks pistikhübriidi alaliike, kus aku mahtuvus on suhteliselt väike, 20-80 km autonoomsuseks piisav, ning aku tühjaks saamisel lülitub sisse väike sisepõlemismootor, mis töötab oma efektiivseimas punktis ja toodab energiat elektriajamile. Tuntuimad sellise veoskeemiga sõidukid on esimese põlvkonna Opel Ampera ja BMW i3. Kuna bensiin või diisel on veel mõnda aega väga levinud, siis võib oodata seda tüüpi hübriidsõidukite leviku tõusu.

5.2.3. Hübriidajam

Hübriidajamil on mitmeid erinevaid ühendusviise ja siin ma neid tutvustama ei hakka. Maailma kuulsaim ja enimmüüduim hübriidajamiga auto Toyota Prius on tootmises aastast 1997 ja on jõudnud neljanda generatsioonini. Samal tehnoloogial toodab Toyota ka teisi mudeleid ning kokku on neid müüdud üle 10 miljoni. Hübriidautod on peamiselt sisepõlemismootori jõul liikuvad sõidukid, aga kohaltminekud ja pidurdamised tehakse elektriajamiga, sest selles faasis on sisepõlemismootori kasutegur eriti madal. Hübriidsõidukite erivariant on pistikhübriid, mis on pistikust laetav ja suudab paarkümmend kilomeetrit ainult elektriga sõita. Kuna laadimise osa lisab auto hinnale päris palju, siis eriti populaarsed need ei ole. Pistikhübriide hakati Euroopas eriti aktiivselt tootma siis, kui EL hakkas piirama kogu autotootja mudelivaliku keskmist CO₂ tootmist ja Euroopa mõõtmisviisidest tulenevalt sai pistikhübriidi näitajate abil seda keskmist tugevalt allapoole tuua.

5.3. Kaugem tulevik vaadatuna aastast 2018

Praeguste autotootjate lubaduste järgi plaanivad mõned autotootjad kõigepealt loobuda diiselmootorist ja seejärel sisepõlemismootorist. Julgemad autotootjad on nimetanud aastat 2020, teised 2025 või 2030. Reaalseks võib pidada keskmist numbrit, juhul kui elektriautode laadimisvõimalused globaalselt hästi levivad.

KOKKUVÕTE

Tartus sündinud ja üles kasvanud inimesele on elektrotransport igal juhul uus ja huvitav nähtus, sest siia pole jõudnud ei trammid, trollid ega elektrirongid. Lapsena, 30 aastat tagasi, oli trollisõit Tallinnas väga erakordne kogemus ja võib-olla sellest ongi mul suur huvi elektri jõul liikuvate sõidukite vastu. Esialgu mõtlesin, et kuidas see buss ilma mootorita sõidab ja pärast mõtlesin, et miks küll kõigil teistel bussidel nii lärmakad mootorid on.

Õnneks on teisigi inimesi, kes hindavad sujuvat ja ilma liigse lärmita liikumist ning eelkõige puhast õhku. Eriti on see omal kohal linnades, kus igapäevaselt satuvad samal ajal liikuma väga paljud inimesed korraga ning kuna kliima on meil nagu ta on, ebastabiilne, siis on väga raske panna inimesi autost loobuma. Kui ELMO projekti toetuse ajal kasvatati Eesti elektriautopark umbes 1000 autoni (sealhulgas riigi poolt ostetud Mitsubishid), siis peale seda on lisandunud veidi alla 200 auto. Täpsed andmed selle kohta küll puuduvad, kuid julgen eeldada, et umbes veerand nendest on kasutusel taksodena ja seeläbi aitavad aktiivselt kaasa meie linnade head õhukvaliteeti veel paremaks teha. Seega kokkuvõtteks on Eesti elektromobiilsuse areng seisma jäänud ja 6 aastaga ei ole uute elektriautode hinnad oluliselt langenud, kuid oluliselt paremaks on läinud akutehnoloogiad.

Tänaased elektriauto ostjad on oma vajadused ja võimalused hästi läbi kaalunud ja on oma ostuga üldiselt väga rahul. Leidub ka kasutajaid, kes kasutavad oma autosid igapäevaselt ainukese sõiduvahendina ja teevad sageli ka pikemaid sõite. Peale ostusoodustuse kadumist ja maksude kujul lisamotivaatorite puudumist on elektriautode müük langenud mõne autoni aastas, kui välja arvata taksodeks ostetavad Nissan Leafid ning Teslad, mille ostjatele ostusoodustus ei ole nii oluline kui tavaliste autode ostjatele.

Ilmselt oleks parem olnud, kui Eesti oleks saanud selle projektiga alustada 3 aastat hiljem, sest siis hakkasid müügile jõudma esimesed Saksamaal toodetud elektriautod. Euroopas lepiti kokku teistsuguses laadimisstandardis kui USA ja Jaapan algselt ja me oleks saanud

kohe universaalsemad laadimisjaamad. Teades eestlaste armastust Saksa autode vastu, oleks projektil ka autode müügi poolest mõnevõrra paremini läinud ja meie elektriautopark oleks mitmekesisem. Kui Eesti tahab jätkuvalt, et meil elektriautod rahva hulgas populaarsust võidaksid, tuleb kogu meie laadimisinfrastruktuur ära uuendada nii, et kiirlaadimist saaks teostada nii alalis- kui vahelduvvooluga.

Saksa autotootjad alustasid oma elektriautode arendamisega oluliselt hiljem kui Tesla ja jaapanlased (kellega tegid koostööd prantslased) ja selle tõttu on märgatavat kogust Saksa päritolu elektriautosid turule oodata alles 2020. aasta paiku. Paraku saavad nad oma sõiduulatus ja hinna poolest olema seal, kus Tesla oli aastal 2014, kuid nende eelis saab olema tootjafirma suur tootmivõimsus, mis võiks tagada parema kättesaadavuse. Seega oleks 2020. aasta sobilik tähtjaks, mil laadimisvõrgu modifitseerimine võiks lõpetatud olla.

Kui tahta oma elektriautot laadida ainult päikeseenergiast, siis see on tehtav, kuid tasuvusaeg võib väga pikaks osutuda. Tasuvusaja vähendamiseks tuleb hästi oma elektritootmist, autokasutust ja energia võrku tagasimüüki planeerida. Päikeseenergia-laadimisjaama hinnad jätkavad aeglast langust ja aeglaselt tõuseb ka päikesepaneelide kasutegur. Kõige rohkem tõuseb aga eeldatavasti võrgust ostetava elektri hind, mis on nii seetõttu, et liigutakse järjest rohkem kallima taastuvatest energiaallikatest elektri tootmise poole. Kõik see kokku teeb mikrotootmise ahvatlevaks ja asjast huvitatud võiksid endale selgeks teha, millisest hetkest alates neile isiklik taastuvenergia-elektrijaam ära tasub.

KASUTATUD KIRJANDUS

- 1: Šehhirev, V. (2012). Elektriautode omadused ja kasutusvõimalused Eestis. (bakalaureusetöö) Eesti Maaülikool.
- 2: Altement, M. (2012). Elektriautode akude laadimine ja nende eluiga. (bakalaureusetöö) Eesti Maaülikool.
- 3: Jarmo Tuisk. Electromobility program ELMO. [PDF] http://www.rms.lv/cleandrivematerials/people/Jarmo_Tuisk/P_Jarmo_Tuisk.pdf (20.05.2018)
- 4: Maanteeamet. Sõidukite statistika. [veebileht] <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika> (28.05.2018)
- 5: ElectricAndHybridCars.com. 2007 Kurrent. [www] <http://electricandhybridcars.com/index.php/pages/kurrentelectriccar.html> (28.05.2018)
- 6: Macrotrends LLC. Crude Oil Prices - 70 Year Historical Chart. [veebileht] <http://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart> (13.05.2018)
- 7: European Commission. Energy statistics. [veebileht] <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database> (28.05.2018)
- 8: * Postimees. ERR: eestlased olid saastekvootidega kauplemisel edukaimad. [veebileht] <https://majandus24.postimees.ee/596152/> (28.05.2018)
- 9: Keskkonnaministeerium. Kyoto protokoll. [veebileht] <https://www.envir.ee/et/kyoto-protokoll> (28.05.2018)
- 10: Vabariigi Valitsus. Saastekvoodi müük toob Eestisse sadu elektriautosid ja üleriigilise laadimisvõrgustiku. [veebileht] <https://www.valitsus.ee/et/uudised/video-saastekvoodi-muuk-toob-eestisse-sadu-elektriautosid-ja-uleriigilise-laadimisvorgustiku> (28.05.2018)
- 11: Kredex. ELMO programm. [veebileht] <http://www.kredex.ee/energiatohususest/elmo-projekt/elmo-programm/> (28.05.2018)
- 12: Kredex. ELMO lühirent pakub võimalust elektriautot proovida. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/elmo-luhirent-pakub-voimalust-elektriautot-proovida/> (28.05.2018)
- 13: Green Car Congress. The Battery Pack for Mitsubishi's i MiEV. [veebileht] <http://www.greencarcongress.com/2008/05/the-battery-pac.html> (29.05.2018)
- 14: Kredex. Täna algab elektriauto ostutoetuse teavituskampaania. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/tana-algab-elektriauto-ostutoetuse-teavituskampaania/> (28.05.2018)
- 15: ELMO. ELMO toetused. [XLS] http://elmo.ee/public/ELMO_toetus_koduleht.xlsx (28.05.2018)

- 16: Kredex. Valitsus plaanib pikendada elektriautode projekti. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/valitsus-plaanib-pikendada-elektriautode-projekti/> (28.05.2018)
- 17: Kredex. Elektriautode ostutoetus laieneb ka pistikhübriididele. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/elektriautode-ostutoetus-laieneb-ka-pistikhubriididele/> (28.05.2018)
- 18: ELMO. Kordima kippuvad küsimused. [veebileht] <http://elmo.ee/kkk/> (28.05.2018)
- 19: Kredex. Elektriautode kiirloomisvõrgu ja operaatoriteenuse hankel osutus edukaks ABB pakumuse. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/elektriautode-kiirloomisvõrgu-ja-operaatoriteenuse-hankel-osutus-edukaks-abb-pakumuse/> (28.05.2018)
- 20: Kredex. Inimeste usaldus elektriautode vastu on tõusnud. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/inimeste-usaldus-elektriautode-vastu-on-tõusnud/> (28.05.2018)
- 21: Micro-Vett. [veebileht] <http://micro-vett.it/> (28.05.2018)
- 22: * Wikipedia. Micro-Vett. [veebileht] <https://en.wikipedia.org/wiki/Micro-Vett> (28.05.2018)
- 23: Teet, Zev foorum. Eesti elektriautode ostust, infrastruktuurist ja toetusest. [veebileht] <http://zev.ee/foorum/viewtopic.php?f=2&t=179&start=10> (29.05.2018)
- 24: **Antony Ingram**, 2013. Mitsubishi i-MiEV Electric Cars Recalled To Fix Braking Problem. *Green Car Reports*. [veebileht] https://www.greencarreports.com/news/1081892_mitsubishi-i-miev-electric-cars-recalled-to-fix-braking-problem
- 25: The New York Times. Isabel Kershner. Israeli Venture Meant to Serve Electric Cars Is Ending Its Run. [veebileht] https://www.nytimes.com/2013/05/27/business/global/israeli-electric-car-company-files-for-liquidation.html?_r=0 (28.05.2018)
- 26: Carsalesbase. BYD e6 EV. [veebileht] <http://carsalesbase.com/china-car-sales-data/byd/byd-e6/> (29.05.2018)
- 27: HybridCars. Jeff Cobb. December 2012 Dashboard. [veebileht] <http://www.hybridcars.com/december-2012-dashboard> (28.05.2018)
- 28: Greencarreports. BYD e6 electric taxi in service in Shenzhen, China. [JPG] https://www.greencarreports.com/news/1084356_byd-e6-electric-taxi-fleet-launched-in-hong-kong-to-cut-pollution (29.05.2018)
- 29: David Herron. Plugincars. Future: Public DCFC Infrastructure in Europe (mid 2013). [JPG] <http://www.plugincars.com/sites/default/files/chademo-europe-2013.jpg> (28.05.2018)
- 30: **Nils-Viktor Sorge**, 2012. Stromer auf der linken Spur 2. Teil: Deutsche Autoindustrie: "Klumpenrisiko rund um den Verbrennungsmotor". *Manager Magazin*. [e-artikkel] <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/a-866536-2.html>
- 31: Wikipedia. New European Driving Cycle. [veebileht] https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle (29.05.2018)

- 32: **Liiske, M**, 2011. Matti Liiske: tere tulemast, elektriauto!. *Postimees*. [ajaleheartikkel] <https://majandus24.postimees.ee/401540/>
- 33: Kredex. Valitsus plaanib pikendada elektriautode projekti. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/valitsus-plaanib-pikendada-elektriautode-projekti/> (28.05.2018)
- 34: **Toomas Pott**, 2017. Ministeerium tahab taastada elektriautode ostutoetuse. *ERR*. [e-artikkel] <https://www.err.ee/642883/>
- 35: Kredex. Eestis avatakse maailma esimene üleriigiline elektriautode kiirlaadimistaristu. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/eestis-avatakse-maailma-esimene-uleriigiline-elektriautode-kiirlaadimistaristu/> (28.05.2018)
- 36: ELMO. Kiirlaadimistaristu. [veebileht] <http://elmo.ee/laadimispunktide-vorgustik/> (28.05.2018)
- 37: Tartu Postimees. Tartu kesklinna paigaldatakse viis elektriautode kiirlaadijat. [veebileht] <https://tartu.postimees.ee/4489201/> (28.05.2018)
- 38: **Gregor Sibold**, 2017. Tallinki laevadel saab nüüd merereisi ajal elektriautosid laadida. *AutoGeenius*. [e-artikkel] <https://auto.geenius.ee/uudis/tallinki-laevadel-saab-nuud-merereisi-ajal-elektriautosid-laadida/>
- 39: Kredex. Tartu raudteejaamas avati elektriautode rendipunkt. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/tartu-raudteejaamas-avati-elektriautode-rendipunkt/> (28.05.2018)
- 40: Kredex. SA KredEx lõpetab ELMO renditeenuse pakkumise alates 10.07.2017. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/sa-kredex-lopetab-elmo-renditeenuse-pakkumise-alates-10072017/> (28.05.2018)
- 41: ERR. Ministeerium paneb ELMO Rent autopargi 120 000 euroga enampakkumisele. [veebileht] <https://www.err.ee/589118/> (28.05.2018)
- 42: ELMORent. Alguslugu. [veebileht] <http://www.elmorent.ee/alguslugu/> (28.05.2018)
- 43: ELMORent. ELMO Rent ja Elektritakso moodustasid Eesti suurima elektriautode erapargi. [veebileht] <http://www.elmorent.ee/elmo-rent-ja-elektritakso-moodustasid-estis-suurima-elektriautode-erapargi/> (28.05.2018)
- 44: Teslarent. [veebileht] <https://teslarent.eu/> (29.05.2018)
- 45: ELMO. ELMO - Eesti elektromobiilsuse programm. [veebileht] <http://elmo.ee/elmo/> (28.05.2018)
- 46: Kredex. Elektriautode ostutoetus osutus populaarseks. [veebileht] <http://www.kredex.ee/kredexist/uudised/elektriautode-ostutoetus-osutus-populaarseks-taotluste-vastuvott-loppeb-homsest/> (28.05.2018)
- 47: ELMO. Elektriautod ühissõidukite rajal. [veebileht] <http://elmo.ee/elektriautod-uhissoidukite-rajal/> (28.05.2018)

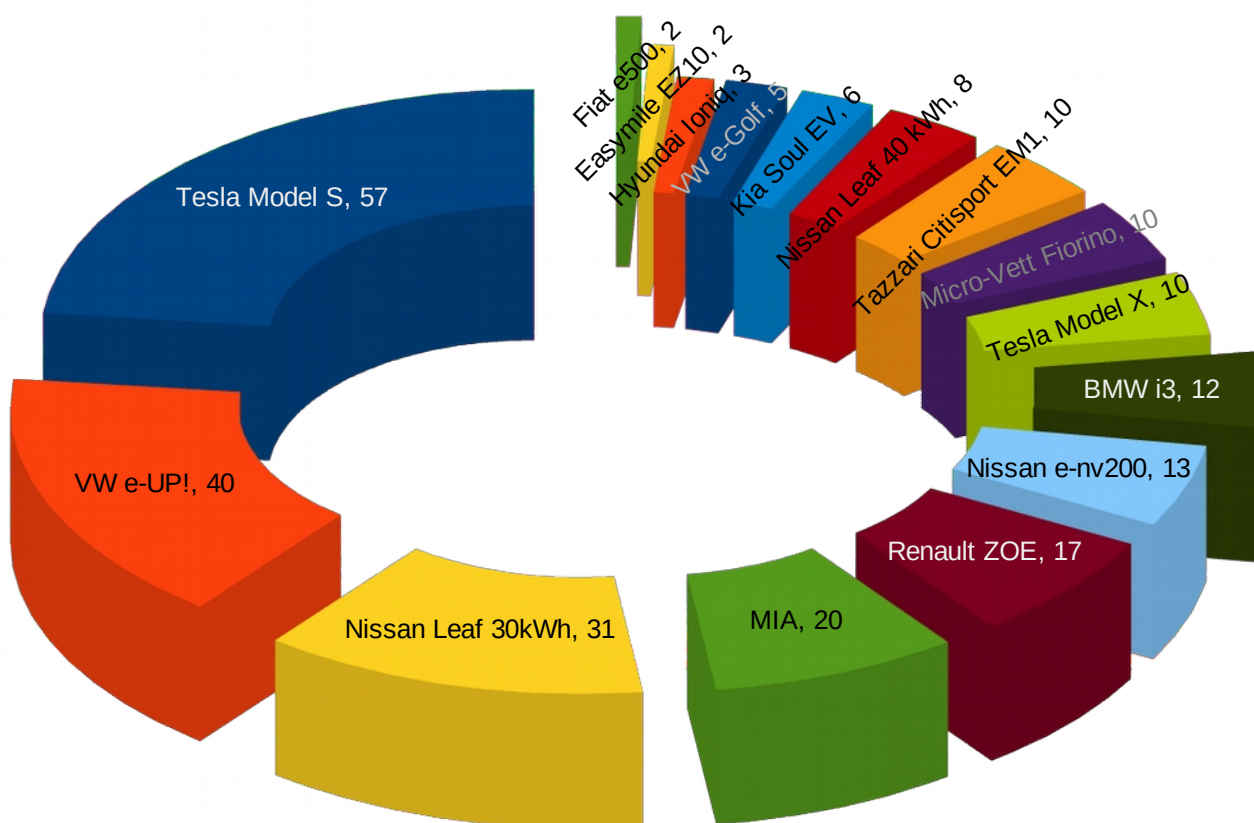
- 48: ELMORent. 1.märtsist parkimiskohad ainult elektriautodele. [veebileht] <http://www.elmorent.ee/esimene-marts-parkimiskohad-ainult-elektriautodele/> (28.05.2018)
- 49: Elektritakso. [veebileht] <http://elektritakso.ee/> (28.05.2018)
- 50: Accelerista. Elektritakso egiidi all sõidavad edaspidi uue põlvkonna Nissan Leafid. [veebileht] <https://www.accelerista.com/soiduauto/elektriauto/elektritakso-leaf/> (28.05.2018)
- 51: Väk Takso. [veebileht] <http://valktakso.ee/> (29.05.2018)
- 52: HybridCars. April 2018 Sales Dashboard. [veebileht] <http://www.hybridcars.com/april-2018-sales-dashboard/> (28.05.2018)
- 53: Nissan Motor Company. Nissan delivers 300,000th Nissan LEAF. [veebileht] <https://newsroom.nissan-global.com/releases/release-4a75570239bf1983b1e6a41b7d00d8f5-nissan-delivers-300000th-nissan-leaf> (28.05.2018)
- 54: **Jeff Cobb**, 2018. Tesla Quietly Sold 200,000th Model S Last Year. *HybridCars*. [e-artikkel] <http://www.hybridcars.com/tesla-quietly-sold-200000th-model-s-last-year/>
- 55: **Romet Kreek**, 2018. Norra juhib elektri- ja hübriidautode võidukaiku. *Ärileht*. [e-artikkel] <http://arileht.delfi.ee/news/uudised/norra-juhib-elektri-ja-hubriidautode-voidukaiku?id=80683965>
- 56: **LETA**. (2017). 70 electric car recharge stations to be built in Latvia. *Baltic News Network*. [e-artikkel] <https://bnn-news.com/70-electric-car-recharge-stations-to-be-built-in-latvia-172212>
- 57: E-Mobilitate. Study on placement of fast-charging stations on Latvian TEN-T roads completed. [veebileht] <http://emobilitate.lv/en/study-on-placement-of-fast-charging-stations-on-latvian-ten-t-roads-completed/> (28.05.2018)
- 58: InsideEVs. Report: Fisker Loses Over 300 Karmas To Hurricane Sandy. [veebileht] <https://insideevs.com/report-fisker-loses-over-300-karmas-to-hurricane-sandy/> (29.05.2018)
- 59: GoingElectric. Stromtankstellen Statistik für Deutschland. [veebileht] <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland/> (29.05.2018)
- 60: **Kazushi Arima. TÜV Rheinland Japan**, 2015. Electric Cars: The Role of Standards in Japan and Abroad. *Japan Industry News*. [e-artikkel] <https://www.japanindustrynews.com/2015/11/electric-cars-role-of-standards-in-japan-and-abroad/>
- 61: **Inseneeria**, 2018. Särtsukaga Genfi ja tagasi, kõigele vaatamata. *Director Meedia*. [e-artikkel] <https://www.directormeedia.ee/sartsukaga-genfi-ja-tagasi-koigele-vaatamata/>
- 62: **Inseneeria**, 2011. Hiina on peamisi liitiumakude tootjaid. *Director Meedia*. [e-artikkel] https://issuu.com/eas-estonia/docs/inseneeria_09_2011
- 63: **Emadi, A.** (2015). Advanced Electric Drive Vehicles. Boca Raton: CRC Press, 2015. 602 lk.
- 64: **Denton, T.** (2016). Electric and Hybrid Vehicles. Oxon; New York: Routledge, 2016. 197 lk.

- 65: BSR-Electric. The world's first fully electric ferry service in operation in Norway. [veebileht] <https://www.bsr-electric.eu/news/the-worlds-first-fully-electric-ferry-service-in-operation-in-norway> (28.05.2018)
- 66: **Inseneeria 01-2018**, 2018. Soomest on saamas moodsa elektritranspordi maa. *Director Meedia*. [ajakirjaartikkel] <https://www.directormeedia.ee/soomest-saamas-moodsa-elektritranspordi-maa/>
- 67: **Henning Lohse-Busch**. (2012). Advanced Technology VehicleLab Benchmarking – Level 1 . *Argonne National Laboratory*. [e-artikkel PDF] https://www1.eere.energy.gov/vehiclesand-fuels/pdfs/merit_review_2012/veh_sys_sim/vss030_lohsebusch_2012_o.pdf
- 68: Photovoltaic Geographical Information System. Performance of Grid-connected PV. [veebileht] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (28.05.2018)
- 69: lwd.com. STC Component Derating Factors. [veebileht] <http://www.lwd.com/solar/deratingfactors.htm> (28.05.2018)
- 70: Energogen. Päikesepaneelide näidislahenduste hinnapakumine. [veebileht] <http://energo-gen.ee/paikesenergia/naidislahendused/> (28.05.2018)
- 71: Tera AS. Päikesepaneelide tasuvusaeg. [veebileht] <https://www.tera.ee/paikesepaneelide-tasuvusaeg/> (28.05.2018)
- 72: **Priit Pikk**. (2013). Tööstusprotsesside energiaaudit Vireen AS. *Energiaklass, Eesti Maaülikool*. [e-artikkel PDF] https://energiaklass.files.wordpress.com/2014/11/emc3bc-energiaklass-energiaaudit_ver9-vireen-as.pdf
- 73: **Galen Barbose, Naïm Darghouth**. (2016). Tracking the Sun. *Berkeley Lab*. [e-artikkel PDF] https://emp.lbl.gov/sites/all/files/tracking_the_sun_ix_report.pdf#page=18
- 74: Mitsubishi Motors. Advanced, Assured, i-MiEV. [veebileht] https://www.mitsubishi-motors.com/en/showroom/i-miev/plug_and_live/ (28.05.2018)
- 75: Euroopa Liit. Energeetika. [veebileht] https://europa.eu/european-union/topics/energy_et (28.05.2018)
- 76: Toyota. Toyota sells 1.52 million electrified vehicles in 2017, three years ahead of 2020 target. [veebileht] https://newsroom.toyota.co.jp/en/corporate/20966057.html?adid=ag478_mail&padid=ag478_mail (28.05.2018)

LISAD

LISA 1. 2018. AASTA I KVARTALIKS REGISTREERITUD ELEKTRIAUTODE JAOTUS

2018. aasta I kvartaliks registreeritud elektriautode jaotus, kui jätta välja Mitsubishi i-MiEV ja esimese põlvkonna Nissan Leaf 24 kWh akuga, mida oli registreeritud vastavalt 550 ja 396.



LISA 2. EESTIS REGISTREERITUD ELEKTRIAUTOD JA NENDE OLULISEMAD ANDMED

	Mitsub. iMiEV	Nissan Leaf I-II	Nissan Leaf III	Tesla Roadster	Tesla Model S	Tesla Model X	Tesla3
tootmisaasta	2009	2012 / 2016	2018	2008	2012	2015	2017
toodang	37600	300000		2450	220000	74000	10000
tühimass	1050	1521	1580	1305	2000-2250	2300-2500	1610-1730
aku tüüp	Li-Ion	LiMn2O4 / LiNiO2	LiMn2O4 / LiNiO2	18650 Li-Ion	18650 Li-Co	18650 Li-Co	2170 Li-Co
aku jahutus	õhk-sund	õhk-sund	õhk-sund	vedelik	vedelik	vedelik	vedelik
aku kWh	16	24 / 30	40	53	60-100	60-100	50-75
aku kaal		294		450	540 (85)		
energiakulu		21,2 / 19,1		20	20	24	20
läbisõit EPA	100	120 / 172	243	393	441-539	400-414	350-500
mootori tüüp	DC sünkroon	DC sünkroon	DC sünkroon	AC asünkrr.	AC asünkrr.	AC asünkrr.	DC sünkroon
mootori Nm	194	280	320	380	441-1250		430
mootori rpm	9900	10390	9795	14000	18000	18000	
ülekanne	7,07	7,94	8,19	8,28	9,73	9,34	9,34
hind euroopas	29900	33660	35900	100000	75000	91250	40000

	Renault ZOE	Renault Fluence ZE	VW e-Golf	VW e-Up	BMW i3	Kia Soul	Hyundai Ioniq
tootmisaasta	2013 / 2018	2012	2014	2013	2013	2014	2017
toodang	100000	6000			100000		
tühimass	1468	1543	1402	1214	1195		1500
aku tüüp	Li-Ion	Li-Ion	Li-Ion	Li-Ion	Li-Ion	Li-Polü	Li-Polü
aku jahutus			vedelik	vedelik			
aku kWh	22 / 41	22	26,5-35,8	18,7	22-33	27-30	28
aku kaal	275 / 300	250	318	240		277-290	
energiakulu			18,1		16,9		17
läbisõit EPA	160 / 300	100	134-150	100	130-183	150-180	
mootori tüüp	DC sünkroon	DC sünkroon	DC sünk.	DC sünk.	DC sünk.	DC sünk.	DC sünkroon
mootori Nm	220	226	270	210	250	285	295
mootori rpm	11300	11000	12000				
ülekanne	9,32	9,34				8,21	7,41
hind euroopas	23600 + 69 aku rent	26300 + 79 aku rent	34900	26900	34950	31000	35000

LISA 3. AKUELEMENDID ERINEVATES ELEKTRIAUTODES

Näitlikustamiseks pildid elektriautodes kasutusel olevatest akuelementidest

1 – Tesla 18650 cell, 2 – Mitsubishi i-MiEV, 3 – Nissan Leaf, 4 – Renault ZOE ja Opel Ampera.

1.



3.



2.



4.



Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)